การกำจัดสารก่อภูมิแพ้ชนิด แป้งสาลี นมผงและไข่ขาวผง บนพื้นผิวชุดเครื่องร่อน ด้วยการเช็ดแอลกอฮอล์ร่วมกับการดูดฝุ่น

ALLERGEN REMOVAL OF WHEAT FLOUR, MILK POWDER AND EGG WHITE POWDER FROM SIEVING MACHINE SURFACE USING COMBINATION OF ALCOHOL WIPING AND VACUUM CLEANING

วิศณี สุพรรณกลาง
WISSANEE SUPANKLANG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2562
KMITL-2019-AI-M-054-329

การกำจัดสารก่อภูมิแพ้ชนิด แป้งสาลี นมผงและไข่ขาวผง บนพื้นผิวชุดเครื่องร่อน ด้วยการเช็ดแอลกอฮอล์ร่วมกับการดูดฝุ่น

ALLERGEN REMOVAL OF WHEAT FLOUR, MILK POWDER AND EGG WHITE POWDER FROM SIEVING MACHINE SURFACE USING COMBINATION OF ALCOHOL WIPING AND VACUUM CLEANING

วิศณี สุพรรณกลาง

WISSANEE SUPANKLANG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AI-M-054-329

ALLERGEN REMOVAL OF WHEAT FLOUR, MILK POWDER AND EGG WHITE POWDER FROM SIEVING MACHINE SURFACE USING COMBINATION OF ALCOHOL WIPING AND VACUUM CLEANING

WISSANEE SUPANKLANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SAFETY MANAGEMENT

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2019

KMITL-2019-AI-M-054-329

COPYRIGHT 2019

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การกำจัดสารก่อภูมิแพ้ชนิดแป้งสาลี นมผงและไข่ขาวผง บนพื้นผิวชุดเครื่องร่อนด้วยการเช็ดแอลกอฮอล์ร่วมกับการดูดฝุ่น

ALLERGEN REMOVAL OF WHEAT FLOUR, MILK POWDER AND EGG WHITE POWDER FROM SIEVING MACHINE SURFACE USING COMBINATION OF ALCOHOL WIPING AND VACUUM CLEANING

ชื่อนักศึกษา นางสาววิศณี สุพรรณกลาง

รหัสประจำตัว 57608022

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการความปลอดภัยอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ	
รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์	
ผศ.ดร.วริพัสย์ อารีกุล	
รศ.สพญ.ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 5 กรกฎาคม 2562 เวลา 09.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 303 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 26 เดือน กค. พ.ศ. 62

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การกำจัดสารก่อภูมิแพ้ชนิด แป้งสาลี นมผงและไข่ขาวผง บนพื้นผิวชุดเครื่องร่อน ด้วยการเช็ดแอลกอฮอล์ร่วมกับการดูดฝุ่น

นักศึกษา นางสาววิศณี สุพรรณกลาง

รหัสประจำตัว 57608022

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการความปลอดภัยอาหาร

พ.ศ. 2562

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทำความสะอาดเครื่องร่อนวัตถุดิบแบบแห้ง โดยทำความสะอาดตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบด้วยวิธีการดูดฝุ่น ทำความสะอาดถาดรับวัตถุดิบด้วยการเช็ดด้วยเอทานอล และการดูดฝุ่นร่วมกับการเช็ดเอทานอล เพื่อกำจัดสารก่อภูมิแพ้อาหาร แป้งสาลี นม และไข่ขาว ทำการตรวจสอบความสะอาดด้วยสายตา ตรวจสอบหาโปรตีนตกค้างบนพื้นผิวและตรวจสอบปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ตกค้างบนพื้นผิวเครื่องร่อนหลังทำความสะอาด ผลการวิจัยพบว่า การดูดฝุ่นตะแกรงร่อนด้วยเครื่องดูดฝุ่นที่กำลังไฟฟ้า 3600 วัตต์ ระยะเวลา 1 นาที สามารถกำจัดนมผงและไข่ขาวผงได้ และระยะเวลาดูดฝุ่นที่ 5 นาที สำหรับแป้งสาลี ส่วนการดูดฝุ่นถาดรับวัตถุดิบ ให้ผลแตกต่างกันในแต่ละวัตถุดิบ แป้งสาลีกำจัดได้เมื่อดูดฝุ่นที่ระยะเวลา 1 นาที นมผงที่เวลา 1 นาที ส่วนไข่ขาวผงที่เวลา 10 นาที ตามลำดับ การเช็ดถาดรับวัตถุดิบด้วยเอทานอล พบว่าแป้งสาลีให้ผลดีที่ความเข้มข้นของเอทานอล 50 และ 70 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร(v/v) นมผงและไข่ขาว ที่ระดับความเข้มข้นเอทานอล 20 และ 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร(v/v) ตามลำดับ ผลการศึกษาการใช้วิธีการดูดฝุ่นเป็นระยะเวลา 1 นาที ร่วมกับการเช็ดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร(v/v) ทำความสะอาดถาดรับวัตถุดิบ พบว่า สามารถกำจัดโปรตีนบนพื้นผิวได้มากกว่าการทำความสะอาดด้วยวิธีการเดียว เมื่อได้วิธีการที่เหมาะสมกับการทำความสะอาดเครื่องร่อน นำไปทดสอบกับการใช้งานในกระบวนการผลิตสินค้าจริง ทำการตรวจสอบปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ตกค้างบนพื้นผิวหลังทำความสะอาด พบว่า มีปริมาณสารก่อภูมิแพ้ ได้แก่ ไกลอะดินจากแป้งสาลี นมและไข่ขาวตกค้างบนพื้นผิวตะแกรงร่อน ปริมาณ 1.42 2.69 และ 1.70 มิลลิกรัม บนถาดรับวัตถุดิบ ปริมาณ 5.01 0.26 และ 1.43 มิลลิกรัมต่อพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร (คิดเป็น 169.45 60.14 และ 73.77 มิลลิกรัมบนพื้นผิวเครื่องร่อน) ตามลำดับ และได้มีการทวนสอบด้วยการตรวจหาปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในวัตถุดิบที่

ร่อนด้วยเครื่องเดียวกันที่ผ่านการทำความสะอาด เมื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ ทำให้มีสารก่อภูมิแพ้ไกลอะดินจากแป้งสาลี นมจากนมผง และ ไข่จากไข่ขาวผง ในผลิตภัณฑ์ ปริมาณ 0.100 0.200 และ 0.164 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการทำความสะอาดเครื่องร่อนด้วยวิธีการดูดฝุ่น ระยะเวลา 1 นาทีสำหรับตะแกรงร่อน และการดูดฝุ่น ระยะเวลา 1 นาที ตามด้วยเช็ดเอทานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ปริมาตร (v/v) สำหรับถาดรับวัตถุดิบ สามารถลดปริมาณสารก่อภูมิแพ้อาหารบนพื้นผิวได้ และอยู่ในระดับที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค โดยวิธีการทำความสะอาดดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการทำความสะอาดเครื่องจักร อุปกรณ์ในอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าอาหารได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารแห้ง

Thesis	Allergen removal of wheat flour, milk powder and egg white powder from sieving machine surface using combination of alcohol wiping and vacuum cleaning
Student	Ms. Wissanee Supanklang
Student ID.	57608022
Degree	Master of Science
Program	Food Safety Management
Year	2019
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Aphacha Jindaprasert

ABSTRACT

The objective of this research was to study and compare the efficiency of dry cleaning for sieving machine using vacuum cleaning for the sieve and ingredient tray, wiping with ethanol and the integrated technique of vacuum cleaning and wiping with ethanol for ingredient tray to eliminate food allergens from ingredients including wheat flour, milk and egg whites. The food residues on the surface area were determined visual inspection, protein swab and allergen testing after cleaning. The result of this research indicated that vacuum cleaning with a vacuum cleaner at 3600 watt of power for 1 minute were able to remove residue of milk and egg white powder and 5 minutes to remove residue of wheat flour from the sieve. Vacuum cleaning for ingredient tray found that type of raw material had affected on removing food residues from tray. Use of vacuum for 1 minute was able to remove wheat flour and milk powder and 10 minutes of egg white powder, respectively. Wiping the tray with ethanol, wheat flour could cleaned by using ethanol at 50 – 70 percent by volume (v/v), milk and egg white powder could cleaned at 20 and 50 percent by volume (v/v), respectively. The result of using integrated technique of 1 minute vacuuming and wiping with ethanol 50 percent by volume (v/v) for cleaning ingredient tray could be eliminated protein on the surface than a single method. Then, the optimized cleaning method on processing line and detection of allergen residue on the surface of sieving machine after cleaning were evaluated. It was found that allergen content including gliadin from wheat flour, milk and egg white residue on the sieve surface was 6.43, 2.95 and 3.13 mg./100 cm^2 and the allergens content residue on ingredients tray was 5.01, 0.26 and 1.43 mg./100 cm^2 (169.45, 60.14, and 73.77 mg / sieving machine surface area), respectively. The verification of cleaning method was

conducted to determine the allergens content in ingredients that were sieved with the same device that has been cleaned and this ingredient were produced for finished products. The content of allergens as gliadin from wheat flour, milk and egg white in finished product was 0.100, 0.200, and 0.164 mg/ kg, respectively. In summary of cleaning the sieving machine with vacuuming 1 minute for the sieve and integrated of vacuuming 1 minute and wiping with ethanol 50 percent by volume (v/v) for the ingredient tray could reduce the content of food allergens on the surface and the amount of contamination was safe for consumption. This cleaning method can be used for cleaning of equipment and machine in food industry, especially in dried-food production.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. อพัชชา จินดาประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะแนวทางการวิจัย ตลอดจนการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. อดิศร เสวตวิวัฒน์, ผศ.ดร.วริพัสย์ อารีกุล และอาจารย์คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และ รศ.ดร. ประภาพร ขอไพบูลย์ ที่ได้ให้เกียรติเป็นกรรมการสอบปกป้องวิทยานิพนธ์ และได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจทาน และแก้ไขจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนทุนในการนำเสนอผลงานวิจัย

ขอบคุณบริษัท จิมสกรุ๊ป จำกัด สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องจักร อุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย รวมถึงเพื่อนๆพี่น้องพนักงานที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจในการทำวิจัยนี้ตลอดมา

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ธุรการ เพื่อน ๆ พี่น้องนักศึกษา คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และให้กำลังใจในการทำวิจัยนี้ตลอดมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจทำให้ข้าพเจ้าทำงานวิจัยนี้จนสำเร็จ คุณค่าและประโยชน์ที่ได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

วิศณี สุพรรณกลาง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III
กิตติกรรมประกาศ V
สารบัญ VI
สารบัญตาราง IX
สารบัญรูป X
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 การแพ้อาหาร 4
2.2 สารก่อภูมิแพ้อาหาร 5
2.3 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการแสดงข้อมูลสารก่อภูมิแพ้อาหารบนฉลากสินค้า 11
2.4 ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอาหารที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค 16
2.5 การทำความสะอาดแบบแห้ง 17
2.6 การประเมินความสะอาด 20
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 26
3.1 วัตถุดิบและเครื่องจักร 26
3.1.1 วัตถุดิบที่เป็นสารก่อภูมิแพ้ที่ใช้ในการทดสอบ 26
3.1.2 วัตถุดิบที่สำหรับทดสอบการปนเปื้อนหลังการทำความสะอาด 26
3.1.3 เครื่องจักร 26
3.2 อุปกรณ์เครื่องมือ สารเคมีและชุดทดสอบ 28
3.2.1 อุปกรณ์ 28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.2 เครื่องมือ 28
3.2.3 สารเคมี 29
3.2.4 ชุดทดสอบ 29
3.3 ขั้นตอน และวิธีการทดลอง 29
3.3.1 การตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบที่ค้างบนตะแกรงร่อน และถาดรับวัตถุดิบ 29
3.3.2 การคัดเลือกชนิดของเครื่องดูดฝุ่นและหัวดูด 30
3.3.3 การศึกษาผลการดูดฝุ่นตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบด้วยเครื่องดูดฝุ่น 31
3.3.4 การศึกษาผลของการเช็ดพื้นผิวสแตนเลสถาดรับวัตถุดิบด้วยเอทานอล 31
3.3.5 การศึกษาผลของการดูดฝุ่นร่วมกับการเช็ดด้วยเอทานอลบน ถาดรับวัตถุดิบ 32
3.3.6 การศึกษาผลของการทำความสะอาดเครื่องร่อนที่ใช้ใน กระบวนการผลิตจริง 32
3.3.7 การตรวจสอบปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ปนเปื้อนไปยังสินค้าอื่น ที่ใช้เครื่องร่อนเดียวกัน 33
3.3.8 วิธีการตรวจสอบสารก่อภูมิแพ้ 33
3.3.9 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 34
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ 36
4.1 ผลการตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบที่ค้างบนเครื่องร่อน 36
4.2 ผลการคัดเลือกเครื่องดูดฝุ่นและหัวดูด 37
4.3 ผลการดูดฝุ่นตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบด้วยเครื่องดูดฝุ่น 38
4.4 ผลของการเช็ดพื้นผิวสแตนเลสถาดรับวัตถุดิบด้วยเอทานอล 40
4.5 ผลของการดูดฝุ่นร่วมกับการเช็ดด้วยเอทานอลบนถาดรับวัตถุดิบ 41
4.6 ผลของการทำความสะอาดเครื่องร่อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตจริง 42
4.7 ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนสารก่อภูมิแพ้ไปยังสินค้าอื่นที่ใช้เครื่องร่อนเดียวกัน 46
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 49
5.1 สรุปผลการทดลอง 49
5.2 ข้อเสนอแนะ 50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม 52
ภาคผนวก ก มาตรฐานการแสดงสารก่อภูมิแพ้บนฉลากสินค้าอาหารของแต่ละประเทศ 56
ภาคผนวก ข รูปภาพวัตถุดิบ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย 63
ภาคผนวก ค ขั้นตอนการทำความสะอาดเครื่องร่อน 65
ภาคผนวก ง วิธีการวิเคราะห์หาสารโปรตีนและสารก่อภูมิแพ้บนพื้นผิว 68
ภาคผนวก จ การคำนวณพื้นที่และปริมาณวัตถุดิบหรือสารตกค้าง 88
ประวัติผู้เขียน 90

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 อาการแพ้อาหารที่เกิดจากการกระตุ้น IgE 4
2.2 โปรตีนในอาหารที่ทำให้แพ้อาหาร 5
2.3 ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนม 9
2.4 ส่วนประกอบของโปรตีนนม 9
2.5 รายการมาตรฐานข้อบังคับการแสดงข้อมูลสารก่อภูมิแพ้
บนฉลากสินค้าอาหารของแต่ละประเทศ 13
2.6 สารก่อภูมิแพ้อาหารตามข้อกำหนดประเทศต่างๆ 14
2.7 ปริมาณสารก่อภูมิแพ้อ้างอิงจากโปรแกรม VITAL 16
2.8 ข้อกำหนดปริมาณสารก่อภูมิแพ้/ปริมาณที่แนะนำในบางประเทศ 17
2.9 ปริมาณสารโปรตีนที่ชุดทดสอบ 3M Clean-Trace Surface Protein(Allergen)
สามารถตรวจสอบได้ 22
4.1 ปริมาณวัตถุดิบ แป้งสาลี นมผง และไข่ขาวผง ที่ค้างบนเครื่องร่อนแบบสั่น 36
4.2 ผลของการดูดฝุ่นด้วยเครื่องดูดฝุ่นที่มีกำลังมอเตอร์ต่างกัน 37
4.3 ผลของการดูดฝุ่นด้วยหัวดูดที่ต่างกัน 38
4.4 ผลการตรวจสอบการทำความสะอาดพื้นผิวตะแกรงร่อนหลังการดูดฝุ่น 39
4.5 ผลการตรวจสอบการทำความสะอาดพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบหลังการดูดฝุ่น 39
4.6 ผลการตรวจสอบการทำความสะอาดพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบหลังการเช็ดด้วยเอทานอล 40
4.7 ผลการตรวจสอบการทำความสะอาดพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบหลังการดูดฝุ่นและเช็ดด้วย
เอทานอล ที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร 42
4.8 ผลการทำความสะอาดพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบด้วยวิธีการต่างๆ 42
4.9 ปริมาณผงวัตถุดิบบนพื้นผิวเครื่องร่อนหลังจากการดูดฝุ่น 43
4.10 ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในแป้งสาลี นมผง และไข่ขาวผง ที่ตกค้างบนพื้นผิวตะแกรงร่อน
และถาดรับวัตถุดิบหลังการทำความสะอาดเครื่องร่อน 44
4.11 ตารางเปรียบเทียบผลการทำความสะอาดด้วยการล้างและการดูดฝุ่นร่วมกับ
การเช็ดด้วยเอทานอลบนพื้นผิวเครื่องร่อน 45
4.12 ข้อดีข้อเสียของวิธีการทำความสะอาดด้วยการล้างและการดูดฝุ่นร่วมกับ
การเช็ดด้วยเอทานอลบนพื้นผิวเครื่องร่อน 46
4.13 ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ปนเปื้อนในวัตถุดิบที่ใช้เครื่องร่อนเดียวกัน 47

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 Type I Reaction หรือ IgE-mediated allergic reaction 5
2.2 สารก่อภูมิแพ้ที่ตรวจพบในสินค้าที่ไม่แสดงข้อมูลบนฉลาก 7
2.3 จำนวนปัญหาการเรียกคืนสินค้า ช่วงปี ค.ศ. 2009-2018 ประเทศออสเตรเลีย-นิวซีแลนด์ 7
2.4 สารก่อภูมิแพ้ที่ตรวจพบในสินค้าที่ไม่แสดงข้อมูลบนฉลากประเทศออสเตรเลีย-นิวซีแลนด์ 7
2.5 เครื่องดูดฝุ่นแบบ Central vacuum system 19
2.6 เครื่องดูดฝุ่นแบบ Transportation vacuum system 19
3.1 เครื่องร่อนที่ใช้ในการวิจัย 27
3.2 เครื่องดูดฝุ่นที่ใช้ในงานวิจัย 27
3.3 หัวดูดฝุ่นที่ใช้ในงานวิจัย 28
3.4 ลักษณะการติดสติ๊กเกอร์บนเครื่องร่อนเพื่อตรวจสอบปริมาณผงวัตถุดิบ 30

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จากข้อบังคับในการแสดงข้อมูลสารก่อภูมิแพ้บนฉลากสินค้าอาหาร เพื่อสื่อสารให้ผู้บริโภคได้รับทราบส่วนผสมต่างๆในสินค้านั้น และเป็นมาตรการในการป้องกันปัญหาการแพ้อาหารของแต่ละประเทศ ทำให้ผู้ผลิตอาหารต้องเฝ้าระวังการปนเปื้อนข้ามในกระบวนการผลิต ซึ่งอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนสารก่อภูมิแพ้โดยไม่ได้แสดงข้อมูลบนฉลากแบบไม่ตั้งใจได้

จากรายงานการเรียกคืนสินค้าอาหารของ Food Standard Australia New Zealand (FSANZ) (2019) รายงานว่า ในช่วงปีค.ศ. 2009-2018 พบสาเหตุการเรียกคืนสินค้าเนื่องจากการไม่แสดงฉลากสารก่อภูมิแพ้ (undeclared allergens) 39 เปอร์เซ็นต์ ของการเรียกคืนสินค้าทั้งหมด และมีเพิ่มมากขึ้นทุกปี สินค้าที่พบปัญหามาก ได้แก่ อาหารแปรรูป(processed food) ประมาณ 34 เปอร์เซ็นต์ และสารก่อภูมิแพ้ที่พบปัญหามากสุด ได้แก่ นม ถั่วลิสงและข้าวสาลี พบประมาณ 30, 18 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของการเรียกคืนตามลำดับ นอกจากนี้ในรายงานของ Food Safety and Inspection Service. United States Department of Agriculture (2018) รายงานสถิติการเรียกคืนสินค้าจากสาเหตุการไม่แสดงฉลากสารก่อภูมิแพ้ในอาหาร โดยปี ค.ศ. 2009 - 2018 พบ 33.20 เปอร์เซ็นต์ของการเรียกคืนสินค้าเกษตรทั้งหมด สำหรับประเทศไทยมีการสำรวจเกี่ยวกับการตรวจพบสารก่อภูมิแพ้ในสินค้าอาหารโดยไม่มีการแสดงข้อมูลบนสินค้า พบว่ามีปัญหาดังกล่าวจำนวน 38.73 เปอร์เซ็นต์ สารก่อภูมิแพ้ที่ตรวจพบว่ามีการปนเปื้อนมากที่สุด ได้แก่ นม ไข่และแป้งสาลี โดยพบในผลิตภัณฑ์ได้แก่ บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เครื่องแกง เครื่องเทศ ซุปต่างๆ (Surojanametakul และคณะ, 2012)

สาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีสารก่อภูมิแพ้ที่ไม่แสดงบนฉลากในอาหาร มาจากการปนเปื้อนในกระบวนการผลิตจากการใช้ไลน์(line) การผลิตเดียวกัน (Surojanametakul และคณะ, 2012) การปนเปื้อนข้ามของอุปกรณ์การผลิตเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักของการเรียกคืนสินค้าเนื่องจากการไม่แสดงฉลากสารก่อภูมิแพ้ โดยพบถึง 42.00 เปอร์เซ็นต์ (Vierk K และคณะ ,2002) และการทำความสะอาดเครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ มีการตกค้างของสารก่อภูมิแพ้ก็ทำให้เกิดการปนเปื้อนข้ามไปยังผลิตภัณฑ์อื่นได้ (Jackson และคณะ, 2008)

การทำความสะอาดที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารก่อภูมิแพ้ เป็นการทำความสะอาดโดยการล้างด้วยน้ำและสารเคมี (Jackson และคณะ, 2008) แต่ในบางอุตสาหกรรมที่ใช้การผลิตอาหารแบบแห้ง เช่น กระบวนการผลิตแป้งประกอบอาหาร เกล็ดขนมปัง ผงปรุงรส กาแฟผง 3 in1 และผงซุปกึ่งสำเร็จรูปต่างๆ จึงไม่สามารถใช้น้ำในการทำความสะอาดพื้นผิวระหว่างการเปลี่ยน

ชนิดสินค้าที่ใช้ไลน์(line) การผลิตเดียวกันได้ จำเป็นต้องใช้การทำความสะอาดแบบแห้ง เนื่องจากการทำความสะอาดแบบล้างน้ำต้องใช้เวลานานในการทำให้เครื่องจักรอุปกรณ์และพื้นที่การผลิตแห้ง ทำให้สูญเสียกำลังการผลิตในแต่ละวัน จึงจำเป็นต้องหาวิธีการทำความสะอาดที่สามารถลดการปนเปื้อนข้ามของสารก่อภูมิแพ้ระหว่างสินค้า และลดเวลาในการทำความสะอาด โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วย ซึ่งวิธีการทำความสะอาดแบบแห้ง เช่น การปัดกวาด การเป่า การดูดฝุ่น การอัดอากาศ การเช็ดด้วยน้ำหรือสารทำความสะอาด หรือแอลกอฮอล์สามารถกำจัดสารก่อภูมิแพ้ได้ (Jackson และคณะ, 2008)

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นการศึกษาถึงประสิทธิภาพของการทำความสะอาดพื้นผิวเครื่องร่อนสแตนเลส โดยการดูดฝุ่นและการเช็ดด้วยสารเอทานอลเพื่อกำจัดสารก่อภูมิแพ้อาหาร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเป็นวิธีการทำความสะอาดเครื่องร่อนรวมทั้งเครื่องจักรอื่นในโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตสินค้าแบบแห้งต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการทำความสะอาดเครื่องร่อนโดยการดูดฝุ่นที่ระยะเวลาต่างกัน ในการกำจัดสารก่อภูมิแพ้อาหาร ได้แก่ แป้งสาลี นมและ ไข่ขาว

1.2.2 เพื่อศึกษาการทำความสะอาดพื้นผิวเครื่องร่อน โดยการเช็ดเอทานอล ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ในการกำจัดสารก่อภูมิแพ้อาหาร ได้แก่ แป้งสาลี นมและ ไข่ขาว

1.2.3 เพื่อศึกษาวิธีการทำความสะอาดเครื่องร่อนที่เหมาะสมกับการใช้งานในกระบวนการผลิตจริง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพของการทำความสะอาดเครื่องร่อนสแตนเลส โดยการดูดฝุ่นและการเช็ดด้วยสารเอทานอลเพื่อกำจัดสารก่อภูมิแพ้ 3 ชนิด ได้แก่ แป้งสาลี นมผงและไข่ขาวผง เริ่มจากการทดลองทำความสะอาดด้วยการดูดฝุ่นเครื่องร่อน ทั้งส่วนตะแกรงและถาดรับวัตถุดิบซึ่งเป็นพื้นผิวสแตนเลสเรียบ โดยใช้ระยะเวลาในการดูดฝุ่นที่แตกต่างกัน จากนั้นทดลองทำความสะอาดพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบด้วยการเช็ดด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน จากนั้นทดลองใช้วิธีการทำความสะอาดด้วยสองวิธีร่วมกันในส่วนถาดรับวัตถุดิบ เมื่อได้วิธีการทำความสะอาดที่เหมาะสม นำมาทดลองใช้งานในกระบวนการผลิตจริง ตรวจสอบความสะอาดด้วยสายตาและวิธีการ swab แล้วนำไปตรวจโปรตีนตกค้างบนพื้นผิวด้วยชุดทดสอบ 3M Clean-Trace Surface Protein (Allergen) และโปรตีนที่เป็นสารก่อภูมิแพ้ (Allergen protein) ตรวจสอบด้วยวิธี ELISA ด้วยชุดทดสอบจาก R-Biopharm ได้แก่ RIDASCREEN®Gliadin, RIDASCREEN® FAST Milk และ RIDASCREEN® Ei/Egg

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้วิธีการทำความสะอาดที่เหมาะสมในการทำความสะอาดเครื่องร่อนโดยการดูดฝุ่น

1.4.2 ได้วิธีการทำความสะอาดที่เหมาะสมในการทำความสะอาดพื้นผิวเครื่องร่อนโดยการเช็ดด้วยเอทานอล

1.4.3 ได้มั่นใจว่าการทำความสะอาดแบบแห้ง สามารถลดการปนเปื้อนสารก่อภูมิแพ้อาหารให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

1.4.4 ได้มั่นใจว่าสินค้าอาหารที่ผลิตด้วยกระบวนการผลิตเดียวกันนั้นปลอดภัยต่อผู้บริโภค

บทที่ 2

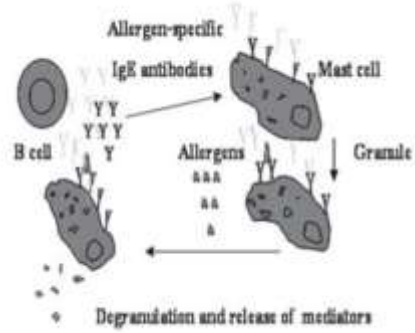
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การแพ้อาหาร (Food Allergy)

การแพ้อาหารเป็นเรื่องเฉพาะบุคคล ไม่เกิดกับทุกคนที่รับประทานอาหารชนิดเดียวกัน อาหารก่อภูมิแพ้อาจมีความแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ หรือแต่ละภูมิภาค ขึ้นกับลักษณะนิสัยการบริโภคในแต่ละพื้นที่ หรืออาจมีสาเหตุจากความแตกต่างทางพันธุกรรมของมนุษย์ อาการแพ้อาหารเป็นปฏิกิริยาทางภูมิคุ้มกัน พบประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์ของประชากรทั่วไป และพบมากในเด็กถึง 80 เปอร์เซ็นต์ โดยอาหารที่เด็กแพ้มากที่สุดคือ นมวัวและไข่ (ดารณี หมู่ขจรพันธ์, 2009) จากการสำรวจประชากรทั่วโลกพบว่า การแพ้นมและไข่จะสูงเป็นอันดับต้น ๆของประชากรทุกประเทศ ในสหรัฐอเมริกาพบผู้ที่มีอาการแพ้อาหาร 3.5 – 4.0 เปอร์เซ็นต์ ของประชากรทั้งหมด (FARRP, 2018) นอกจากนั้นจะเป็นการแพ้อาหารเฉพาะกลุ่มในประเทศนั้น ๆ ที่นิยมรับประทาน เช่น การแพ้มัสตาร์ดในประเทศฝรั่งเศส อาหารทะเลและรังนกในประเทศสิงคโปร์ ข้าวสาลีและข้าวเจ้าในประเทศญี่ปุ่น ถั่วลิสงในประเทศสหรัฐอเมริกา และสวิสเซอร์แลนด์ ปลาในประเทศสเปน และเมล็ดงาในประเทศอิสราเอล เป็นต้น (ดารณี หมู่ขจรพันธ์, 2009) และจากการสำรวจประชากรทั่วประเทศไทยพบว่า ประชากรเด็ก ในกรุงเทพมหานคร แพ้อาหารมากที่สุดประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ (ในช่วงอายุ 5-11 ปี และ 12-18 ปี) อาหารที่แพ้มากที่สุด ได้แก่ อาหารทะเล นมวัว ไข่ แป้งสาลี เด็กที่แพ้อาหารทะเลจะมีสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และมีงานวิจัยของมหาวิทยาลัยมหิดล ในปี ค.ศ.2005 พบว่า ประชากรเด็กในกรุงเทพมหานคร มีการแพ้อาหาร 6.25 เปอร์เซ็นต์ โดยอาหารที่แพ้ส่วนใหญ่ ได้แก่ นมวัว และไข่ ซึ่งแพ้ถึง 41.6 เปอร์เซ็นต์ (Santadusit และคณะ, 2005) และนอกจากนี้ ในปี ค.ศ.2012 มีการศึกษาพบว่าประชากรเด็กในภาคเหนือของประเทศไทย มีการแพ้อาหารประมาณ 1.11 เปอร์เซ็นต์ โดยอาหารที่ก่อให้เกิดการแพ้มากสุด ได้แก่ กุ้ง (Lao-Araya and Trakultivakorn , 2012)

ปฏิกิริยาการแพ้อาหารเกิดจากกลไกของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย แอนติเจน ชนิด อี (IgE-mediated allergies) หรือ ปฏิกิริยาการแพ้แบบที่ 1 (Type I reactions) เกิดจากสารในอาหาร (allergens) ไปกระตุ้นให้ บี-ลิมโฟไซต์ (B-lymphocytes) ปล่อยสารภูมิคุ้มกันที่เรียกว่า IgE antibodies และIgE antibodies ที่ถูกปล่อยออกมาจะไปจับบนผิวของมาสต์เซลล์ (mast cell) หรือ เบโซฟิล (basophil) ต่อจากนั้นเมื่อได้รับ allergens จากอาหารอีก allergens จะไปจับบน IgE ที่จับอยู่บนผิวของมาสเซลล์ 2 โมเลกุล ทำให้เกิดการกระตุ้น มาสต์เซลล์(mast cell) ให้ปล่อย สารสื่อกลาง(mediators) ที่ทำให้เกิดอาการแพ้ต่างๆ ออกมา ฮีสตามีน (histamine) เป็นสารสื่อกลาง

(mediators) ที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการอักเสบ (inflammation) เป็นผื่นคัน (pruritis) มีการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบในหลอดเลือด กระเพาะลำไส้ และระบบทางเดินหายใจ mediator อื่นๆ ได้แก่ พรอสตาแกนดินส์ (prostaglandins) และ ลิวโคติอิน (leukotrienes) ซึ่งจะทำให้เกิดการตอบสนองอย่างช้าๆในบางคนที่แพ้อาหาร(รูปที่ 2.1) เช่น ในคนที่เกิดอาการหอบหืด ฮีสตามีนและ mediator อื่นๆ อาจทำให้เกิดอาการผิดปกติตั้งแต่เล็กน้อยจนกระทั้งทำให้เกิดการเสียชีวิตเมื่อแพ้อาหารจะมีอาการผิดปกติต่างๆ ดังได้แสดงในตารางที่ 2.1 (สกุนรัตน์ อุษณาวรงค์, 2550)



รูปที่ 2.1 Type I Reaction หรือ IgE-mediated allergic reaction
ที่มา : สกุนรัตน์ อุษณาวรงค์ (2550)

ความรุนแรงของการแพ้อาหารขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล ปริมาณอาหารที่ได้รับ และช่วงระยะเวลาที่ได้รับการเกิด systemic anaphylaxis จากการแพ้อาหารอาจทำให้ถึงแก่ความตายได้ ซึ่งพบว่าทำให้เกิดพิษต่ออวัยวะหลายอย่างในร่างกาย ผู้ป่วยจะมีอาการต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 นอกจากนี้อาจพบอาการ angioedema, hypotension และ shock anaphylactic shock เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการตายได้

ตารางที่ 2.1 อาการแพ้อาหารที่เกิดจากการกระตุ้น IgE

ระบบร่างกาย	อาการแพ้
ผิวหนัง	เป็นลมพิษ โรคผิวหนัง ผิวหนังอักเสบ มีอาการคัน ผิวเป็นผื่นแดง
ระบบทางเดินอาหาร	ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย
ระบบทางเดินหายใจ	หอบหืด หายใจไม่สะดวก น้ำมูกไหล หลอดลมบีบเกร็ง
อื่นๆ	anaphylactic shock ความดันต่ำ คันเพดานปาก ลิ้นและกล่องเสียงบวม

ที่มา : สกุนรัตน์ อุษณาวรงค์ (2550)

2.2 สารก่อภูมิแพ้อาหาร (Food allergens)

สารก่อภูมิแพ้อาหาร เป็นโปรตีน หรือ ไกลโคโปรตีน ที่มีมวลโมเลกุล 10-70 kDa มีอยู่ในธรรมชาติ ทั้งพืชและสัตว์ หรือจากการนำเข้าไปในพืช โดยการดัดแปรพันธุกรรมสามารถกระตุ้นให้ร่างกายสร้างแอนติบอดีขึ้นมาต่อต้านโดยระบบภูมิคุ้มกันและส่งผลให้เกิดอาการแพ้ (วิภา สุโรจนะเมธากุล, 2555) สารก่อภูมิแพ้อาหารมีหลากหลายชนิด และมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยอาหารที่ทำให้เกิดอาการแพ้ ในหลายๆภูมิภาคของโลก ได้แก่ นม ไข่ ปลา สัตว์น้ำทะเลเปลือกแข็ง เช่น ปู กุ้ง กั้ง เป็นต้น ถั่วเปลือกแข็ง ถั่วลิสง ข้าวสาลีและ ถั่วเหลือง โดยมีบางประเทศที่มีการแพ้อาหารชนิดอื่นๆอีก เช่น ประเทศญี่ปุ่น มีการแพ้ ผลไม้เช่น ส้ม แอปเปิ้ล กีวี ประเทศยุโรป มีแพ้งา มัสตาร์ด เป็นต้น สารโปรตีนในอาหารต่างๆที่ทำให้เกิดอาการแพ้ มีหลากหลาย ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 โปรตีนในอาหารที่ทำให้แพ้อาหาร

อาหาร (Food)	โปรตีนที่ทำให้เกิดอาการแพ้(Allergenic protein)
น้ำนมวัว	Casein , β –lactoglobulins, α-lactalbumins , Others
ไข่ขาว	Ovomucoid , Ovalbumin , Ovotransferrin (conalbumin)
ไข่แดง	Lipoprotein , Livetin
ถั่วลิสง	Peanut I , Lectin-reactive glycoprotein, Arachin , Conarachin
ถั่วเหลือง	β-Conglycinin , Glycinin, Kunitz trypsin inhibitor, Unidentified 20kD protein
ปลาคอด	Allergen M (parvalbumin)
กุ้ง	Antigen II
ถั่วลันเตา	Albumin fraction
เมล็ดฝ้าย	Glycoprotein fraction
มะเขือเทศ	Several glycoproteins

ที่มา : สกุนรัตน์ อุษณาวรงค์ (2550)

จากการแพ้อาหารของประชากรที่เพิ่มมากขึ้นนั้น ในปี ค.ศ. 2011-2012 ประเทศไทยมีการสำรวจ เพื่อตรวจสอบหาการปนเปื้อนสารก่อภูมิแพ้ในสินค้าอาหารโดยไม่มีการแสดงข้อมูลบนฉลากสินค้า ซึ่งจากการตรวจสอบ พบว่ามีปัญหาดังกล่าวจำนวน 38.73 เปอร์เซ็นต์ โดยสารก่อภูมิแพ้ที่ตรวจพบว่ามีการปนเปื้อนมากที่สุด ได้แก่ นม 21 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วย ไข่และแป้งสาลีอย่างละ 17 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 2.2 (Surojanametakul และคณะ, 2012)

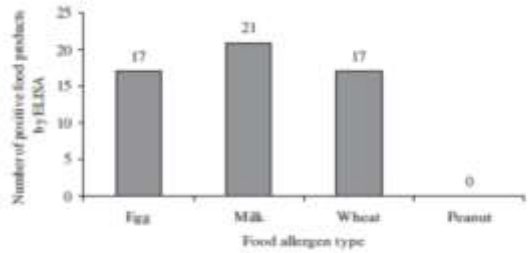
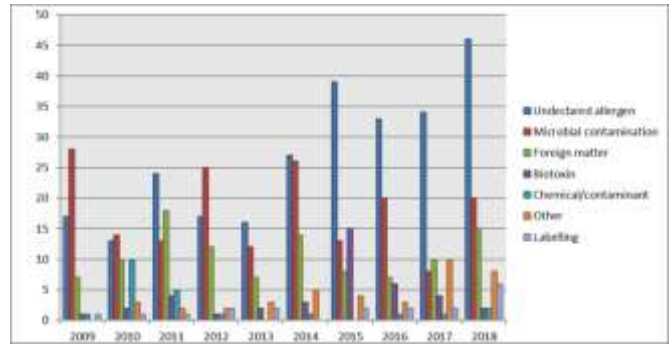


Fig. 2. Positive cases of each food allergen in examined commercial Thai food products (allergen content ≥10 ppm).

รูปที่ 2.2 สารก่อภูมิแพ้ที่ตรวจพบในสินค้าที่ไม่มีการแสดงข้อมูลบนฉลาก

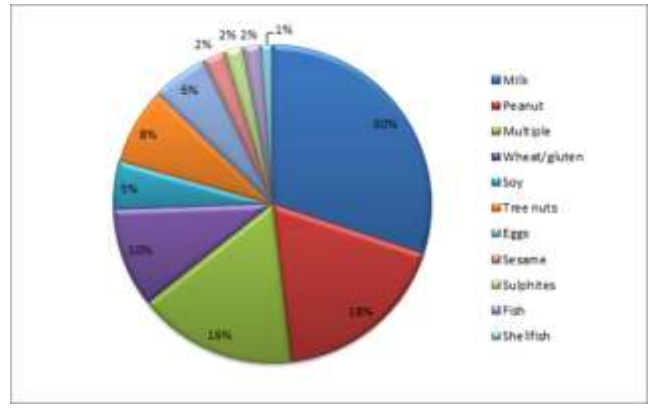
ที่มา : Surojanametakul และคณะ (2012)

นอกจากนี้ พบว่ามีรายงานจาก Food Standard Australia New Zealand (FSANZ)(2019) สรุปปัญหาการเรียกคืนสินค้าจากประเทศออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ เมื่อเดือนมีนาคม ค.ศ.2019 พบว่าการตรวจพบสารก่อภูมิแพ้ที่ไม่แสดงข้อมูลบนฉลากสินค้าอาหาร พบเป็นจำนวนมากทุกปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2009 – 2018 ดังรูปที่ 2.3 และสารก่อภูมิแพ้ที่ตรวจพบว่ามีการปนเปื้อนมากที่สุด ได้แก่ นม ถั่วลิสง แป้งสาลี ถั่วเหลือง ไข่ เป็นต้น ดังภาพที่ 2.4



รูปที่ 2.3 จำนวนปัญหาการเรียกคืนสินค้า ช่วงปี ค.ศ.2009 – 2018 ประเทศออสเตรเลีย นิวซีแลนด์

ที่มา : Food Standard Australia New Zealand (2019)



รูปที่ 2.4 สารก่อภูมิแพ้ที่ตรวจพบในสินค้าที่ไม่มีการแสดงข้อมูลบนฉลาก ประเทศออสเตรเลีย นิวซีแลนด์

ที่มา : Food Standard Australia New Zealand (2019)

2.2.1 แป้งสาลี

แป้งสาลี ผลิตจาก ข้าวสาลี (wheat) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Triticum* spp. โดยปลูกในประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา และออสเตรเลีย โดยนำข้าวสาลีมาโม่ ข้าวสาลีเป็นพืชที่พบว่าก่อให้เกิดอาการแพ้บ่อยที่สุดในกลุ่มธัญพืชทั้งหมดโดยพบว่าองค์ประกอบของข้าวสาลี เช่น เนื้อเมล็ด มีแอลบูมิน (albumin) โกลบูลิน (globulin) ไกลอะดิน (gliadin) ส่วนจมูกข้าวมีอะกลูตินิน (aglutinin) สามารถกระตุ้นกิจกรรมของ IgE ได้ ซึ่งมักพบกับผู้ที่เป็นภูมิแพ้อาหาร (วิภา สุโรจนะเมธากุล, 2555) แป้งสาลีมีโปรตีนกลูเตน (gluten) ซึ่งเป็นส่วนผสมของโปรตีน 2 ชนิด คือ กลูเตนิน และไกลอะดิน ปริมาณมากถึง 85 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนทั้งหมด โดยโปรตีนกลูเตนละลายในสารละลายกรดและด่างส่วนที่ไม่ใช่กลูเตนซึ่งมีอยู่ 15 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนในแป้งสาลี สามารถละลายได้ในน้ำและน้ำเกลือ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2538)

สารที่ก่อให้เกิดอาการแพ้ คือ กลูเตน ปัจจุบันประชากรไทย มีอาการแพ้แป้งสาลีจำนวนมากขึ้น โดยพบในเด็กอายุ 4-6 เดือน จนถึงวัยผู้ใหญ่ จะมีอาการแพ้ที่ระบบผิวหนังมากสุด โดยพบว่ามีผื่นคัน 56.4 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยระบบทางเดินอาหารและระบบหายใจ (Siripipattanamongkol และคณะ, 2017)

แป้งสาลีมีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์ขนมอบต่างๆ และยังเป็นส่วนผสมในอาหารมากมาย จากข้อมูลการนำเข้าข้าวสาลี โดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2562) พบว่า ประเทศไทยมีการนำเข้าข้าวสาลีจากต่างประเทศช่วงปี พ.ศ. 2560-2561 ปริมาณ 20,660 และ 22,979 ล้านกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีการบริโภคข้าวสาลีในปริมาณมากทั้งจากการเป็นวัตถุดิบหลักของผลิตภัณฑ์อาหารบางอย่าง หรือการเป็นส่วนผสมเล็กน้อยในผลิตภัณฑ์อื่นๆ

2.2.2 นม

นมเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารมากมาย อาหารบางชนิดสังเกตเห็นได้ แต่อาหารบางชนิดไม่สามารถสังเกตได้ว่ามีนมเป็นส่วนผสม นมผงเป็นผลิตภัณฑ์นม โดยการนำน้ำนมมาทำให้เข้มข้นแล้วพ่นเป็นละอองฝอยให้สัมผัสกับความร้อนในเครื่องทำแห้ง ความชื้นในนมเหลวจะระเหยไปอย่างรวดเร็วจนเป็นนมผง โดยคุณสมบัติของนมผงที่ได้นั้น ขึ้นกับคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ มีการละลายที่ดี มีความชื้นต่ำ คุณสมบัติการไหลขึ้นกับรูปร่าง ความสม่ำเสมอของขนาด และลักษณะผิวหน้าของอนุภาค นมผงที่ผ่านการแอคโกโมเลตจะมีอนุภาคละเอียด จะไหลได้ดีกว่า การดูดความชื้น เกิดจากผลึกของแลคโทสซึ่งอยู่ในสมดุลระหว่างแอลฟากับบีตา จะดูดซับความชื้นในอากาศทำให้นมเหนียวเหนอะหนะ น้ำนมมีส่วนประกอบทางเคมีที่ซับซ้อน โดยส่วนประกอบหลัก ได้แก่ ไขมัน โปรตีน น้ำตาล วิตามิน เกลือแร่ (อรพิน ชัยประสพ , 2547) ดังตารางที่ 2.3 และส่วนประกอบของโปรตีนในนม ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนม

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าเฉลี่ย(เปอร์เซ็นต์)
น้ำ	85.50 – 89.55.	87.5
ของแข็งในนม	10.5 – 14.5	13.0
ไขมัน	2.5 – 6.0	3.9
โปรตีน	2.9 – 5.0	3.4
แล็กโทส	3.6 – 5.5	4.8
เกลือแร่	0.6 – 0.9	0.8

ที่มา : Tetra Pak (1995)

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบของโปรตีนนม

ชนิดโปรตีน	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
เคซีน	82.2
ซีรัมโปรตีน (เวย์โปรตีน)	
บีตา-แลคโทโกลบูลิน	9.6
แอลฟ่า- แล็คทาบูมิน	3.8
ซีรัมอัลบูมิน	1.4
ส่วนประกอบอื่นๆ	3.0

ที่มา : Davies และ Law (1980)

สารที่ก่อให้เกิดการแพ้ในนม คือ เคซีน (casein) และ อัลฟ่า แลคโตกลอบูลิน (alpha-lactoglobulin) มีรายงานระดับของสารก่อภูมิแพ้น้อยสุดที่ก่อให้เกิดอาการแพ้ โดยทดสอบทางคลินิกวิทยาตามวิธีมาตรฐาน Placebo-controlled oral challenge โดยระบุว่าโปรตีนจากนม อยู่ที่ระดับ 32 มิลลิกรัม จากการบริโภคอาหาร 100 กรัม ก็มีผลให้เกิดอาการแพ้ได้ (วิภา สุโรจนะเมธากุล, 2555) อาการแพ้นมวัวของประชากรไทย พบมากในเด็กอายุ 7 วัน จนถึง 13 ปี โดยอาการส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจถึง 43.2 เปอร์เซ็นต์ ระบบทางเดินอาหาร 22.5 เปอร์เซ็นต์ และระบบผิวหนัง อาจแพ้มากจนหมดสติแบบเฉียบพลันได้ แต่พบเพียง 0.2 เปอร์เซ็นต์ และผลจากการทดสอบทางผิวหนัง ให้ผลที่เป็นบวกซึ่งหมายถึงการแพ้นมวัว 61.4 เปอร์เซ็นต์ (Ngamphaiboon และคณะ, 2008)

เนื่องจากนมถูกนำมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลาย ได้แก่ เพื่อปรับรสชาติ ปรับปริมาณโปรตีน ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้แก่ ทอฟฟี่ มาการีน ครีม เนย ขนมอบต่างๆ เครื่องดื่ม เป็นต้น พบว่าการนำเข้านมวัวปัจจุบัน โดยข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2562) พบว่า ประเทศไทยมีการนำเข้านมวัวจากต่างประเทศช่วงปี พ.ศ. 2560-2561 ปริมาณ 190 และ 199 ล้านกิโลกรัม ตามลำดับ และยังมีการผลิตได้ภายในประเทศอีกจำนวนมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการบริโภคนมปริมาณมาก ทั้งการบริโภคในรูปน้ำนม หรือใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆอีกมากมาย

2.2.3 ไข่

ไข่เป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งของโปรตีน โดยโปรตีนในไข่ประกอบด้วยกรดอะมิโนครบทุกชนิดที่ร่างกายต้องการ นอกจากนี้ยังเป็นอาหารที่อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุสำคัญ ได้แก่ เหล็ก ฟอสฟอรัส วิตามิน เอ ดี บีสิบสอง เป็นต้น ไข่ประกอบด้วย เปลือกไข่ 8-10 เปอร์เซ็นต์ ไข่ขาว 56 – 61 เปอร์เซ็นต์ และไข่แดง 27 – 32 เปอร์เซ็นต์ (รัชนี ตัณฑะพานิชกุล, 2549) ไข่ขาวเป็นส่วนประกอบภายในไข่ไก่ที่มีประมาณ 58 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไข่ทั้งฟอง เป็นของเหลวใสที่ล้อมรอบไข่แดง ส่วนประกอบหลักคือ น้ำ มีโปรตีนคุณภาพดีที่สุด คือ อัลบูมิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายน้ำได้ดี และมีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบทุกชนิด โดยในโปรตีนที่มีมากสุดได้แก่ โอวัลบูมิน ปริมาณ 54 เปอร์เซ็นต์ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549) ไข่ผง ทำจากไข่นำมาทำแห้งด้วยการพ่นผ่านลมร้อน (spray drying)

สารก่อภูมิแพ้ในไข่ คือ โปรตีนชนิด โอวัลบูมิน โอวัลมิวคอยด์ และ โอวัลทรานเฟอริน (วิภา สุโรจนะเมธากุล, 2555) สำหรับการแพ้ไข่ มีรายงานว่า ประชากรเด็กของประเทศออสเตรเลีย มีการแพ้ไข่มากถึง 8.9 เปอร์เซ็นต์ (Tan and Joshi, 2014) ส่วนประเทศปากีสถานรายงานว่า ประชากรมีการแพ้ไข่ตั้งแต่เด็ก บางรายต่อเนื่องจนถึงวัยผู้ใหญ่ โดยมีอาการ ได้แก่ มีผื่นคัน ลมพิษ คันปาก ผิวหนัง เปลือกตา มีอาการกลืนยาก แน่นจมูก หายใจติดขัด (Hussain, 2018) สำหรับประเทศไทยพบผู้ที่แพ้ไข่ ส่วนใหญ่เป็นเด็ก โดยไข่เป็นอาหารที่มีคนแพ้มากรองจากนมวัว

ไข่มีการนำไปใช้ประโยชน์หลากหลาย ดังนี้ ไข่เป็นสารที่ช่วยทำให้ฟู (leavening agent) ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ขนมเค้ก ขนมปัง คุณสมบัติในการขึ้นฟู เกิดจากไข่ขาว เมื่อตีให้แตกกระจาย ฟองอากาศจะถูกจับไว้ในไข่ขาวเหลวและเกิดฟองฟูขึ้น ไข่เป็นสารช่วยยึด (binding agent) ถ้าผสมไข่กับส่วนประกอบอื่นแล้วต้ม ไข่ขาวจะถูกแปลงสภาพหรือจับเป็นก้อนช่วยยึดส่วนประกอบอื่นๆเข้าด้วยกัน ไข่ใช้เป็นสารที่ทำให้ข้น (thickening agent) ใช้ในการทำคัสตาร์ด พุดดิ้ง และครีม ไข่แดงมีเลซิติน (lecithin) เป็นสารช่วยให้เกิดอิมัลชัน ใช้ในการทำมายองเนส ไข่ใช้เป็นสารช่วยทำให้ใส (clearifying agent) เช่น ในซุปใส (รัชนี ตัณฑะพานิชกุล, 2549) จากรายงานการนำเข้าสินค้าไข่จากต่างประเทศ ช่วงปี พ.ศ. 2557 ถึง 2561 พบว่ามีอัตราการนำเข้าเพิ่มขึ้น 19.86 เปอร์เซ็นต์ต่อปี และปี พ.ศ. 2561 มีการนำเข้าเพิ่มมากขึ้น 21.41 เปอร์เซ็นต์ โดย

สินค้าไข่ที่นำเข้านั้น เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเข้ามาเป็นส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อใช้ภายในประเทศและส่งออก ผลิตภัณฑ์ไข่ที่มีการนำเข้ามากที่สุด ได้แก่ ไข่ขาวผง จากประเทศอิตาลี รองมาเป็นเปรูและเนเธอร์แลนด์ นอกจากนี้ไข่ไก่ยังสามารถผลิตได้ภายในประเทศ โดยพบว่าปี พ.ศ. 2561 มีอัตราการบริโภคเพิ่มขึ้นจากปีก่อน 1.42 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากไข่ไก่มีราคาถูกเมื่อเทียบกับอาหารที่เป็นแหล่งโปรตีนอื่นๆ และมีการรณรงค์ส่งเสริมทั้งจากภาครัฐและเอกชนในการบริโภคไข่ไก่ ทำให้มีการบริโภคไข่ไก่เป็นจำนวนมาก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร , 2561)

2.3 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการแสดงข้อมูลสารก่อภูมิแพ้อาหารบนฉลากสินค้า

จากปัญหาการแพ้อาหารของประชากรโลกที่เพิ่มมากขึ้นนี้ ทำให้ปัจจุบันหลายประเทศได้มีการออกประกาศทั้งที่เป็นข้อบังคับและการสมัครใจในการแสดงข้อมูลสารก่อภูมิแพ้ในอาหารบนฉลากสินค้าอาหารเพื่อเป็นมาตรการป้องกันให้กับผู้บริโภคในการเลือกซื้อสินค้าอาหารเพื่อการบริโภค โดยเริ่มมีการกำหนดเมื่อปี พ.ศ. 2542 Codex alimentarius ได้ประกาศให้มีการแสดงรายการสารก่อภูมิแพ้ จำนวน 8 ชนิด จากนั้นแต่ละประเทศได้มีการออกประกาศมาหลายฉบับและมีการปรับปรุงแก้ไขหลายฉบับ ดังตารางที่ 2.5 สำหรับประเทศไทย กระทรวงสาธารณสุขได้ประกาศข้อบังคับเกี่ยวกับการแสดงข้อมูลสารก่อภูมิแพ้บนฉลาก โดยประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 383 พ.ศ. 2560 เรื่องการแสดงฉลากของอาหารในภาชนะบรรจุ (ฉบับที่ 2) โดยมีรายละเอียดในข้อที่ 6 ประเภทหรือชนิดของอาหารซึ่งมีสารก่อภูมิแพ้ หรือสารที่ก่อภาวะภูมิไวเกิน ดังนี้

1) ธัญพืชที่มีกลูเตน ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวไรย์ ข้าวบาร์เลย์ ข้าวโอ๊ต สเปลท์ หรือ สายพันธุ์ลูกผสมของธัญพืชดังกล่าว และผลิตภัณฑ์จากธัญพืชที่มีกลูเตนดังกล่าว ยกเว้น

(ก) กลูโคสไซรัป หรือเดกซ์โทรสที่ได้จากข้าวสาลี

(ข) มอลโทเดกซ์ตริน จากข้าวสาลี

(ค) กลูโคสไซรัป จากข้าวบาร์เลย์

(ง) แอลกฮอล์ที่ได้จากการกลั่นเมล็ดธัญพืชสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง เช่น ปู กุ้ง กั้ง ลอบเสตอร์ เป็นต้น และผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง

2) สัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง เช่น ปู กุ้ง กั้ง ลอบเสตอร์ เป็นต้น และผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ

3) ไข่ และผลิตภัณฑ์จากไข่

4) ปลา และผลิตภัณฑ์จากปลา ยกเว้น เจลาตินจากปลาที่ใช้เป็นสารช่วยพาวิตามินและแคโรทีนอยด์

5) ถั่วลิสง และผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสง

6) ถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง ยกเว้น

(ก) น้ำมันหรือไขมันจากถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์

(ข) โทโคเฟอรอลผสม, ดี - แอลฟา - โทโคเฟอรอล, หรือ ดีแอล - แอลฟา - โทโคเฟอรอลหรือ ดี - แอลฟา - โทโคเฟอริลแอซีเทต, หรือ ดีแอล - แอลฟา - โทโคเฟอริลแอซีเทต หรือ ดี - แอลฟา -โทโคเฟอริลแอซิดซักซิเนต ที่ได้จากถั่วเหลือง

(ค) ไฟโตสเตอรอล และไฟโตสเตอรอลเอสเตอร์ที่ได้จากน้ำมันถั่วเหลือง

(ง) สตานอลเอสเตอร์จากพืชที่ผลิตจากสเตอรอลของน้ำมันพืชที่ได้จากถั่วเหลือง

7) นม และผลิตภัณฑ์จากนม รวมถึงแลคโตส ยกเว้น แลคติทอล

8) ถั่วที่มีเปลือกแข็ง และผลิตภัณฑ์จากถั่วที่มีเปลือกแข็ง เช่น อัลมอนต์ วอลนัท พีแคน เป็นต้น

9) ซัลไฟต์ ที่มีปริมาณมากกว่าหรือเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

เนื่องจากการแพ้อาหารนั้น มีความแตกต่างกันในแต่ละภูมิภาค แต่ละประเทศ ทำให้ข้อบังคับเรื่องการแสดงข้อมูลสารก่อภูมิแพ้อาหารบนฉลากมีความแตกต่างกันในแต่ละประเทศด้วย ดังตารางที่ 2.6 ตารางแสดงข้อบังคับการแสดงสารก่อภูมิแพ้บนฉลากในประเทศต่างๆ ที่สรุปโดย หน่วยงานวิจัยทางด้านสารก่อภูมิแพ้อาหาร (Food Allergen Research and Resource Program) แห่งมหาวิทยาลัย เนบาสกา-ลินคอร์น (University of Nebraska-Lincoln) ประเทศสหรัฐอเมริกา (2018) จากตารางพบว่ามีอาหารอยู่ประมาณ 9 ชนิดซึ่งจัดอยู่อันดับต้นของอาหารที่มีสารก่อภูมิแพ้ในหลายประเทศจึงถูกกำหนดเป็นข้อบังคับให้แสดงบนฉลากอาหารที่เหมือนกัน ได้แก่ สัตว์น้ำเปลือกแข็ง (กุ้ง กั้ง ปู) ไข่ นม ปลา ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ข้าวสาลี ธัญพืชที่มีกลูเตน และซัลไฟท์ที่มีปริมาณมากกว่า 10 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัมอาหาร สำหรับกลุ่มสัตว์น้ำเปลือกแข็ง สัตว์น้ำมีกระดองบางประเทศได้ระบุเป็นชนิดอย่างชัดเจน นอกจากนี้ ยังพบว่าในประเทศแถบยุโรป มีการแพ้อาหารอื่น ได้แก่ ถั่วลูปิน ผักคื่นช่ายฝรั่ง มัสตาร์ด และงา ในประเทศญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน มีการแพ้ผลไม้ ได้แก่ ลูกพีช มะเขือเทศ มะม่วง เป็นต้น สำหรับกฎระเบียบเกี่ยวกับการแสดงสารก่อภูมิแพ้บนฉลากอาหารของประเทศญี่ปุ่นมีทั้งข้อบังคับและแบบสมัครใจ ซึ่งมีอาหารที่บังคับ (mandatory) มี 7 รายการ(ตารางที่ 2.6) และแบบที่ไม่บังคับ (recommended) มีจำนวน 20 รายการ (ภาคผนวก ก)

ตารางที่ 2.5 รายการมาตรฐานข้อบังคับการแสดงข้อมูลสารก่อภูมิแพ้บนฉลากสินค้าอาหารของแต่ละประเทศ

ประเทศ	มาตรฐาน/ข้อบังคับเรื่องการแสดงข้อมูลสารก่อภูมิแพ้บนฉลากสินค้าอาหาร
มาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ FAO/WHO (Codex alimentarius)	Codex Stan 1-1985 Labeling of Prepackaged Food; General Standard for the Labeling of Prepackaged Food
ประเทศสหภาพยุโรป (EU)	Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers, amending Regulations (EC) No. 1924/2006 and (EC) No. 1925/2006 of the European Parliament and of the Council, and repealing Commission Directive 87/250 EEC, Council Directive 90/496 EEC, Commission Directive 1999/10 EC, Directive 2000/13 EC of the European Parliament and of the Council, Commission Directives 2002/67 EC and 2008/5 EC and Commission Regulation (EC) No 608/2004 และตามประกาศ Commission directive 2006/142 /EC of 22 December 2006 amending Annex III a of Directive 2000/13 EC of the European Parliament and of the Council listing the ingredients which must under all circumstances appear on the labeling of foodstuffs
ประเทศสหรัฐอเมริกา	Food Allergen Labeling and Consumer Protection Act of 2004 (FALCPA) และ Guidance for Industry: Questions and Answers Regarding Food Allergens, including the Food Allergen Labeling and Consumer Protection Act of 2004 (Edition 4); Final Guidance.
ประเทศแคนาดา	Canada Food and Drug Regulations
ประเทศออสเตรเลีย นิวซีแลนด์	Food Standards Australia New Zealand Standard 1.2.3 Mandatory Warning and Advisory Statements and Declarations
ประเทศญี่ปุ่น	Consumer Affairs Agency, Government of Japan (CAA). Food Allergy Labeling in Japan
ประเทศจีน	National standard of the people's republic of china : National Food Safety Standard – General Standards for the Labeling of Prepackaged Foods GB 7718-2011
ประเทศเกาหลี	Food and Drug safety Notification No. 2016-45 : Foods Labeling Standards, Revised on Jun 13, 2016
ประเทศไต้หวัน	Ministry of Health and Welfare. In subparagraph 10 of Paragraph 1 of Article 22 of the Act Governing Food Safety and Sanitation. Regulation of Food allergen Labeling

ตารางที่ 2.6 สารก่อภูมิแพ้อาหารตามข้อกำหนดประเทศต่างๆ

International Allergens	USA	Canada	EU	Australia /NZ	Hong Kong	China	Korea	Taiwan	Argentina	Thailand	Bolivia	Brazil	Chile
Crustacean Shelfish	X	X	X	X	X	X	X (Crab,Shrimp,Prawn)	X (Crab,Shrimp)	X	X (Crab,Shrimp,Prawn,Mantis shrimp,lobster)	X	X	X
Egg	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fish	X	X	X	X	X	X	X(Makerel)	X	X	X	X	X	X
Milk	X (lacteal secretion from cow)	X	X(from mamary gland of farmed animals	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Peanut	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Soy	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Treenuts	X	X	X	X	X	X	X(walnut)		X	X	X	X	X
Wheat	X	X	X	X		X	X				X	X	
Cereal contain Gluten		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
Buckwheat							X						
Celery			X										
Lupin			X	X									
Molluscan Shelfish		X	X	X			X (squid,clam, oyster,abalone,mussel)						
Mustard		X	X										
Sesame		X	X	X									
Sulphite	≥ 10 mg/kg	≥ 10 mg/kg	≥ 10 mg/kg	≥ 10 mg/kg	≥ 10 mg/kg		≥ 10 mg/kg		≥ 10mg/kg	≥ 10 mg/kg	≥ 10 mg/kg	X	≥ 10 mg/kg
Bee Pollen/Propolis				X									
Royal Jelly				X									
Mango								X					
Peach							X						
Pork							X						
Tomato							X						

ที่มา : Food Allergen Research and Resource Program , University of Nebraska-Lincoln (2018) https://farrp.unl.edu/IRChart

ตารางที่ 2.6 สารก่อภูมิแพ้อาหารตามข้อกำหนดประเทศต่างๆ (ต่อ)

International Allergens	Columbia	Costarica	Cuba	Mexico	Nicaragua	South Africa	VeneZuala	Malawi	Singapore	Japan	GSO-Saudi Arabia,UAE,,Kuwai, Bahrain,Oman, Qatar,Yemen	Philip pine
Crustacean Shelfish	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X(Crab, Shrimp,Prawn)	x	x
Egg	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fish	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Milk	x	x	x	x	x	x	x	x	X (cows, buffalo, goat)	x	x	x
Peanut	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Soy	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tree nuts	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Wheat	x	x	x		x	x	x			x		
Cereal contain Gluten	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
Buckwheat										x		
Celery											x	
Lupin											x	
Molluscan Shelfish						x			x		X (clam)	
Mustard											x	
Sesame											x	
Sulphite	≥ 10 mg/kg	≥ 10 mg/kg	≥ 10 mg/kg	≥ 10 mg/kg	≥ 10 mg/kg		≥ 10 mg/kg	≥ 10 mg/kg	≥ 10 mg/kg		≥ 10 mg/kg	≥ 10 mg/kg
Bee Pollen/Propolis												
Royal Jelly												
Mango												
Peach												
Pork												

ที่มา : Food Allergen Research and Resource Program , University of Nebraska-Lincoln (2018) https://farrp.unl.edu/IRChart

2.4 ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอาหารที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ปัจจุบัน ยังไม่มีการกำหนดปริมาณที่ทำให้เกิดอาการแพ้ที่ชัดเจน เนื่องจากการแพ้อาหารขึ้นอยู่ระบบภูมิคุ้มกันของแต่ละบุคคล ทำให้ไม่สามารถกำหนดปริมาณที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคได้ ในงานวิจัยหลายฉบับพบว่าอ้างอิงปริมาณจากโปรแกรม VITAL โดยหน่วยงาน Voluntary Incidental Trace Allergen Labeling (VITAL) ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งเป็นผู้นำทางด้านการติดฉลากอาหารก่อภูมิแพ้ของโลก เพื่อให้ผู้ประกอบการได้ใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินความเสี่ยงของผลกระทบจากสารก่อภูมิแพ้ที่ปนเปื้อนข้ามและการติดฉลากข้อควรระวังให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ โดยมีค่าแนะนำ ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ปริมาณสารก่อภูมิแพ้อ้างอิงจากโปรแกรม VITAL

Allergen	Reference dose(mg)	Threshold or action limits		
	Protein	portions		
	VITAL 2.0	5 grams	50 grams	250 grams
nuts	0.1	< 20 ppm	< 2 ppm	< 0.4 ppm
Gluten containing grain	1.0	< 20 ppm	< 20 ppm	< 4 ppm
egg	0.03	< 6 ppm	< 0.6 ppm	< 0.12 ppm
Shelf fish	1.0	< 200 ppm	< 20 ppm	< 4.0 ppm
fish	0.1	< 20 ppm	< 2 ppm	< 0.4 ppm
milk	0.1	< 20 ppm	< 2 ppm	< 0.4 ppm
Peanut	0.2	< 40 ppm	< 4 ppm	< 0.8 ppm
Sesame	0.2	< 40 ppm	< 4 ppm	< 0.8 ppm
Soy	1.0	< 200 ppm	< 20 ppm	< 4 ppm
Lupine	4.0	< 800 ppm	< 80 ppm	< 16 ppm
Mustard	0.05	< 10 ppm	< 1 ppm	< 0.2 ppm

ที่มา : European Association of Fruit and Vegetable Processor (2018)

สำหรับประเทศที่มีข้อมูลเกี่ยวกับข้อบังคับในการแสดงฉลากสินค้าอาหารที่มีสารก่อภูมิแพ้ โดยมีการกำหนดปริมาณอย่างชัดเจน และมีข้อแนะนำ ดังแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ข้อกำหนดเกี่ยวกับปริมาณสารก่อภูมิแพ้/ปริมาณที่แนะนำในบางประเทศ

มาตรฐาน / หน่วยงานที่แนะนำ	ชนิดสารก่อภูมิแพ้	ค่าที่แนะนำ	ที่มา
1.ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 384) พ.ศ. 2560 เรื่อง การแสดงฉลากอาหารไม่มีกลูเตน ระบุปริมาณกลูเตนทั้งหมดในผลิตภัณฑ์สุดท้าย	กลูเตน	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, (2560)
2.CODEX STAN 118-1979 Standard for Food for Special Dietary Use for Persons Intolerant to Gluten	กลูเตน	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	Codex alimentarius, (2008)
3.มาตรฐานการแสดงฉลากสารก่อภูมิแพ้ของประเทศญี่ปุ่น	สารก่อภูมิแพ้ทุกชนิด	ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร	Shoji, Adashi and Akiyama, (2018)
4.ประเทศสวิตเซอร์แลนด์	กลูเตน	ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	Lindsey, (2017)
	สารก่อภูมิแพ้อื่นๆ	ไม่เกิน 1000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม	
5.The European Academy of Allergy and Clinical Immunology (EAACI)	นม	1-10 มิลลิกรัม/กิโลกรัมในอาหารที่บริโภค 100 กรัม	Walker et al., (2016)
	ไข่	0.3-5.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในอาหารที่บริโภค 100 กรัม	

2.5 การทำความสะอาดแบบแห้ง

การทำความสะอาด เป็นการกำจัดคราบสิ่งสกปรก (soils) ออกจากพื้นผิว สิ่งสกปรกที่หลงเหลือบนพื้นผิวอุปกรณ์ต่างๆมีหลายประเภท ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและกระบวนการปรุงอาหารนั้นๆ การปล่อยให้สิ่งสกปรกติดอยู่บนพื้นผิวนานๆ จะมีผลต่อความยากง่ายในการทำความสะอาด (สุวิมล กีรติพิบูล , 2544) การทำความสะอาดมี 2 แบบ ได้แก่ การทำความสะอาดแบบเปียก (wet cleaning) คือ การทำความสะอาดโดยการชะล้างด้วยน้ำ และสารเคมีทำความสะอาด เป็นวิธีการทำความสะอาดที่สามารถกำจัดสิ่งสกปรกได้ดี และการทำความสะอาดแบบแห้ง (dry cleaning) เป็นการทำความสะอาดที่ไม่ใช้น้ำ ได้แก่ การใช้เครื่องดูดฝุ่น การเช็ด การเป่า การปัดกวาด การอัดอากาศ (compress air) เป็นต้น

การทำให้สะอาดแบบแห้ง (dry cleaning) ใช้กับสายการผลิตที่ห้ามใช้น้ำล้าง เช่น แป้ง อาหารประเภทธัญพืช นมผง ช็อคโกแลต เป็นต้น ตามปกติจะใช้อุปกรณ์กวาดสิ่งสกปรกออกไปก่อน สิ่งติดค้างที่มีขนาดเล็กอาจใช้แปรงหรือเครื่องดูดออก จากนั้นอาจใช้แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ ฆ่าเชื้อโรคบริเวณพื้นผิว หรือเช็ดคราบติดค้าง เพราะแอลกอฮอล์ระเหยได้เร็ว จึงไม่ทำให้เกิดการรวมตัวจับกันเป็นก้อน แต่จะต้องทิ้งไว้ให้แห้งเสียก่อนจึงค่อยลงมือทำงาน ในกรณีที่มีเศษอาหารเกาะจับกันเป็นก้อน การกำจัดอาจใช้วิธีการอัดอากาศ (compressed air) เพื่อไล่ก้อนเศษอาหารที่ติดค้างอยู่ออกไป หรือใช้ไอน้ำไล่ออก การใช้เครื่องดูด (vacuuming pump) เป็นวิธีเหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถไล่ฝุ่นและเศษอาหารออกไปได้ค่อนข้างสมบูรณ์ (สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2547) มีรายงานว่ามากกว่า 62 เปอร์เซ็นต์ ของบริษัทที่ต้องใช้การทำความสะอาดแบบแห้ง นิยมใช้ วิธีการเช็ดด้วยน้ำหรือสารเคมีผสมแอลกอฮอล์ เพื่อทำความสะอาดเครื่องจักรอุปกรณ์ ที่สัมผัสสารก่อภูมิแพ้อาหาร (Jackson และคณะ, 2008)

2.5.1 การทำความสะอาดด้วยการดูดฝุ่น

การทำความสะอาดด้วยการดูดฝุ่น เป็นการกำจัดสิ่งสกปรก ฝุ่น ผง ที่ไม่ต้องการออกจากเครื่องจักร พื้น ผนัง หรือพื้นผิวอื่นๆ โดยการนำหัวดูดฝุ่นวางเหนือพื้นผิวที่จะทำความสะอาดในระยะห่างประมาณ 1-2 เซนติเมตร จากนั้นเมื่อเปิดเครื่อง ลมดูดจะดูดฝุ่นผงลอยเข้าไปในหัวดูดแล้วผ่านเข้าไปยังส่วนที่เก็บฝุ่น ผ่านระบบการกรองฝุ่นตามคุณสมบัติของตัวกรอง ก่อนปล่อยออก โดยเครื่องดูดฝุ่นมีหัวดูดที่หลากหลายรูปแบบขึ้นกับลักษณะงานที่ต้องการใช้ การดูดฝุ่นในระบบโรงงานอุตสาหกรรม จะช่วยลดการปนเปื้อนในการผลิตได้ (Moerman and Mager, 2016) สอดคล้องกับรายงานการสำรวจของ Jackson และคณะ (2008) ระบุว่าโรงงานที่มีการผลิตที่ต้องการความชื้นต่ำ ไม่สามารถใช้น้ำในการทำความสะอาดได้นั้น มีการใช้การทำความสะอาดแบบแห้ง โดยมีวิธีการที่ใช้ได้แก่ การปัดกวาด การเช็ด การใช้เครื่องดูดฝุ่น เป็นต้น และงานวิจัยของ Holah (2014) ได้รายงานว่าการทำความสะอาดด้วยการดูดฝุ่นมีประสิทธิภาพดีที่สุดสำหรับการกำจัดสิ่งสกปรกที่แห้ง และป้องกันการกระจายตัวของสิ่งสกปรกไม่ให้ปนเปื้อนไปยังที่อื่นได้ดี โดยเครื่องดูดฝุ่นต้องมีถุงเก็บฝุ่นและตัวกรองอากาศที่ดี

เครื่องดูดฝุ่นที่ใช้ทำความสะอาดในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารที่ใช้มี 2 แบบ (Moerman and Mager, 2016)

1) ระบบดูดฝุ่นแบบศูนย์รวม (Central vacuum system) เป็นเครื่องดูดฝุ่นที่ติดตั้งเข้าไปในระบบเครื่องจักรการผลิตผลิตภัณฑ์ เหมาะกับการทำความสะอาดพื้นที่ขนาดใหญ่ ระบบปิด มักใช้กับระบบท่อ ลักษณะดังรูปที่ 2.5

ข้อดี คือ มีกำลังในการทำงานมาก ใช้งานได้แบบยืดหยุ่น ได้ทั้งเปียกและแห้ง ทำงานได้เร็วและต่อเนื่อง ฝุ่นและสิ่งสกปรกถูกเก็บไว้ในจุดเก็บเป็นอย่างดี

ข้อเสีย คือ การทำงานของระบบท่อ อาจทำให้เกิดการสะสมของเชื้อขึ้นได้หาก มีความชื้น

รูปที่ 2.5 ลักษณะระบบดูดฝุ่นแบบศูนย์รวม (Central vacuum system)
ที่มา : Moerman and Mager (2016)

2) เครื่องดูดฝุ่นแบบเคลื่อนย้ายได้ (Transportable vacuum system) เป็นเครื่องดูดฝุ่นที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ใช้ได้กับงานที่หลากหลาย ลักษณะดังรูปที่ 2.6

ข้อดี คือ การดูดฝุ่นช่วยลดการกระจายตัวของฝุ่นไปยังจุดอื่นๆ ใช้งานง่าย รวดเร็ว สามารถเคลื่อนย้ายได้ทุกที่ เหมาะสำหรับการทำความสะอาดพื้นที่ที่ใช้งานร่วมกันในการผลิตสินค้าที่มีส่วนผสมของสารก่อภูมิแพ้และไม่มี ช่วยทำให้ห้องทำงานสะอาดได้ตลอด ลดการปนเปื้อนระหว่างสินค้า

ข้อเสีย คือ ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดต่ำกว่าแบบ Central system ส่วนใหญ่ไม่ได้ออกแบบมาให้มีกำลังเพียงพอสำหรับการดูดสิ่งสกปรกที่เหนียว

รูปที่ 2.6 ลักษณะเครื่องดูดฝุ่นเคลื่อนย้ายได้ (Transportable vacuum system)
ที่มา : Moerman and Mager (2016)

2.5.2 การทำความสะอาดด้วยการเช็ด

การทำความสะอาดด้วยการเช็ด คือ การใช้สารทำละลาย เพื่อให้ละลายสิ่งตกค้างบนพื้นผิว แล้วใช้แรงกระทำ (mechanical action) ได้แก่ การถู การเช็ด เพื่อขจัดสิ่งปนเปื้อนให้หลุดจากผิวหน้าพื้นผิว

สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ น้ำ สารทำความสะอาด โดยสารเคมีที่ควรนำมาใช้ในการเช็ด ควรมีความชื้นต่ำ ระเหยเร็วและไม่ต้องล้างออก สามารถใช้งานได้ทันที และปลอดภัยต่อผู้บริโภค สารเคมีที่มีส่วนประกอบของแอลกอฮอล์ มักถูกนำมาใช้ในการเช็ด เนื่องจากมีคุณสมบัติในการระเหยเร็ว มีความปลอดภัย (Moerman and Mager , 2016) ใช้ในการฆ่าเชื้อบนพื้นผิวได้

การประยุกต์ใช้เอทานอลในการเช็ดทำความสะอาดพื้นผิวเครื่องจักร เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลาย สามารถละลายกลูเตนจากแป้งสาลี เอทานอลถูกนำมาใช้เป็นสารละลายโปรตีนกลูเตน ดังงานวิจัยของ Wang (2010) ได้มีการทดลองหาประสิทธิภาพในการละลายกลูเตน ด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน พบว่าเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 60 – 90 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพมากสุดในการละลายกลูเตน

ข้อดีของวิธีการเช็ดทำความสะอาด คือ การเช็ดทำได้แบบรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ จัดการได้ง่าย การเช็ดด้วยผ้าเปียกช่วยกำจัดฝุ่นเล็กๆได้ดี การเช็ดด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้นสูง จะช่วยให้พื้นผิวแห้งเร็วขึ้น และสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ นอกจากนี้ รายงานการสำรวจเกี่ยวกับการทำความสะอาดสารก่อภูมิแพ้ของ Jackson และคณะ (2008) พบว่าวิธีการเช็ดได้มีการใช้ 62 เปอร์เซ็นต์ ของบริษัทที่สำรวจทั้งหมด โดยทำการเช็ดด้วยน้ำ หรือแอลกอฮอล์ เนื่องจากการเช็ดไม่ทำให้มีฝุ่นฟุ้งกระจาย

ข้อเสียของวิธีการเช็ดทำความสะอาด คือ การเช็ดเหมาะกับใช้สำหรับกำจัดสิ่งสกปรกหรือฝุ่นผงเล็กๆ รวมถึงใช้กับพื้นที่ขนาดเล็กเท่านั้น วิธีการนี้ต้องอาศัยแรงกระทำของผู้เช็ด การเช็ดอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนได้หากอุปกรณ์ที่ใช้เกิดการฉีกขาด ชำรุด แอลกอฮอล์ที่ใช้ หากความเข้มข้นต่ำระเหยช้า อาจมีการตกค้างบนพื้นผิว ซึ่งไม่สอดคล้องกับหลักการของอาหารฮาลาล (Moerman and Mager , 2016)

2.6 การประเมินความสะอาด

การประเมินความสะอาด เป็นวิธีการตรวจสอบความสะอาดพื้นผิวเพื่อประเมินความพร้อมก่อนการใช้งาน โดยวิธีการประเมินนั้นต้องทำให้มั่นใจได้ว่าพื้นที่ หรือเครื่องจักรที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วนั้น มีความสะอาดเพียงพอต่อการใช้งาน ไม่มีเศษสิ่งสกปรก สารเคมีตกค้าง รวมถึงไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนในอาหารที่จะทำการผลิตด้วยเครื่องจักรนั้น โดยวิธีการประเมินความสะอาด (สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2547)

1) การประเมินทางกายภาพ เป็นการประเมินด้วยสายตา สำหรับส่วนที่มองไม่เห็น เช่น ภายในท่อส่งอาหาร หรือในถัง อาจใช้ไฟพิเศษหรือกระจก หรือบางแห่งอาจใช้ใยแก้วพิเศษ (sophisticated fiber optics) ช่วยในการประเมิน นอกจากนี้หากทิ้งไว้นานในท่อหรือถัง หากมีสิ่งสกปรกตกค้างอยู่ ก็อาจเกิดกลิ่นผิดปกติขึ้น

2) การประเมินทางเคมี เป็นการตรวจสอบหาสารตกค้าง ได้แก่ สารทำความสะอาด สารเคมีอื่นๆ หรือสารก่อภูมิแพ้อาหาร โดยการสวอปหรือการตรวจจากน้ำล้างสุดท้าย

3) การประเมินทางจุลชีววิทยา เป็นการตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบบนพื้นผิวสัมผัสอาหาร หรือตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ที่สนใจ

4) เทคนิคการตรวจประเมินความสะอาดที่เป็นที่ยอมรับและใช้กันมานาน ได้แก่

4.1) เทคนิคการสวอป (swabbing) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก เพราะง่ายและประหยัด ขนาดพื้นที่ที่สวอปมีความสำคัญน้อยกว่าการเลือกพื้นที่ สวอปที่เหมาะสม โดยถือหลักการว่าไม่ควรหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่ทำการสวอปยาก เพราะปัญหามักอยู่บริเวณพื้นที่นี้ โดยเฉพาะบริเวณซอก มุม ส่วนโค้งงอของอุปกรณ์ที่สัมผัสอาหาร และเป็นที่สะสมของอาหารติดค้าง ซึ่งปัจจุบันมีวิธีการหลากหลาย เช่น

4.1.1) การใช้เทคนิคการวัดเอทีพี (Adenosine triphosphate : ATP) bioluminescence หรือ ATP Bioluminescence เป็นเทคนิคการวัดปริมาณเซลล์ของจุลินทรีย์ทางอ้อมเพื่อทวนสอบการทำความสะอาด (cleaning validation) ที่นิยมใช้กับพื้นผิวสัมผัสอาหาร (food contact surface) เนื่องจากเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เช่น จุลินทรีย์ พืช สัตว์ จะมีสาร adenosine-5'-triphosphate (ATP) ซึ่งเป็นสารให้พลังงานในสิ่งมีชีวิต สาร ATP จะทำปฏิกิริยากับสารลูซิเฟริน (luciferin) โดยมีเอนไซม์ลูซิเฟเรส (luciferase) ซึ่งเป็นสารเรืองแสงที่พบในหิ่งห้อยเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดแสง ปริมาณแสงที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณของ ATP ที่มีอยู่ ซึ่งวัดได้ด้วยเครื่องลูมิโนมิเตอร์ (luminometer) และแสดงค่าเป็น relative light unit (RLU) เทคนิค ATP bioluminescence จะต้องมีปริมาณเซลล์ของจุลินทรีย์ อย่างน้อย $5x10^4$ เซลล์ จึงจะแสดงค่าได้ เทคนิค ATP bioluminescence จะวัดค่า ATP ที่ได้จากเซลล์ของจุลินทรีย์และจากแหล่งอื่น เช่น เศษอาหาร การวัดปริมาณแสงที่เกิดจากปฏิกิริยา Luciferin/Luciferase กับ ATP ทั้งหมดจึงเป็นเครื่องบ่งชี้คุณภาพของการทำความสะอาดอุปกรณ์ จึงนำมาประยุกต์ใช้เพื่อวัดประสิทธิภาพการทำความสะอาด (cleaning validation) โดยเฉพาะการทำความสะอาดพื้นผิวที่สัมผัสอาหาร (food contact surface) และอุปกรณ์แปรรูปอาหาร ที่ทราบผลรวดเร็ว (ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงษ์ และคณะ, 2541)

4.1.2) การตรวจสอบสารโปรตีนตกค้าง เป็นการตรวจสอบสารอาหารโปรตีนที่ตกค้างบนพื้นผิวหลังจากทำความสะอาดซึ่งอาจมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ใช้สำหรับการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาด โดยมีหลักการ ดังนี้

● **การตรวจวิเคราะห์สารโปรตีนตกค้าง** (3 เอ็ม ประเทศไทย, 2551)

การตรวจสอบสารโปรตีนตกค้างดำเนินการโดยใช้ชุดทดสอบ 3M Clean-Trace™ Protein (allergens) เป็นชุดตรวจสอบสารโปรตีนตกค้างบนพื้นผิวหรือในสารละลายต่างๆ เช่น น้ำล้าง รวมทั้งโปรตีนที่ทำให้เกิดอาการแพ้ต่างๆ (allergenic proteins) หลังจากทำความสะอาดเพื่อเป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพของการทำความสะอาด โดยในการสวอปพื้นผิวพบว่ามีค่า detection limit ประมาณ 3 ไมโครกรัมโปรตีน (โดยใช้ bovine serum albumin เป็นตัว control) สามารถงานสะดวก ให้ผลทันทีภายในเวลา 15 นาที โดยชุดทดสอบใช้หลักการเกิดปฏิกิริยา biuret reaction ทำให้เกิดการเปลี่ยนสี

$$Cu^{2+} + \text{Protein (Peptide bond)} \longrightarrow \text{Protein-}Cu^{+} + Cu^{+}$$

$$Cu^{+} + 2\text{BCA (Bicinchonic acid)} \longrightarrow BCA^{2}Cu+ \text{ (Purple complex)}$$

ชุดทดสอบนี้ สามารถตรวจสอบโปรตีนที่ทำให้เกิดการแพ้ได้ในปริมาณค่อนข้างต่ำ ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ปริมาณสารโปรตีนที่ชุดทดสอบ 3M Clean-Trace Surface Protein(Allergen) สามารถตรวจสอบได้

โปรตีน	ปริมาณที่ตรวจได้ (ไมโครกรัม)
โปรตีนไข่รวม (whole egg protein)	10 - 20
โปรตีนจากถั่วลิสง (whole peanut protein)	25 - 50
โปรตีนนมผง (whole milk powder protein)	10 - 20
โปรตีนกลูเตน (gluten flour protein)	40
โปรตีนถั่วเหลือง (soy flour protein)	20 - 40
โปรตีนอัลมอนด์ (whole almond protein)	20 - 40
โปรตีนบัควีท (buckwheat flour protein)	20 - 40

● **การตรวจหาสารก่อภูมิแพ้โดยวิธี ELISA test kit**

การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารก่อภูมิแพ้ ใช้วิธีการ ELISA หรือ Enzyme – Linked Immunosorbant Assay เป็นวิธีการตรวจวิเคราะห์บนพื้นฐานของโปรตีน ส่วนใหญ่ใช้แอนติบอดีเป็นฐาน สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ ELISA เพื่อการตรวจวิเคราะห์สารก่อภูมิแพ้อาหาร โดยทั่วไปจะมีรูปแบบของการเกิดอันตรกิริยาระหว่างแอนติบอดีกับแอนติเจน 2 แบบ คือ แบบ sandwich และแบบ competitive โดยรูปแบบที่นิยมและมีการผลิตเชิงการค้า คือแบบ sandwich โดยตรวจสอบโปรตีนตามหลักอิมมูโนวิทยา คือ การเกิดอันตรกิริยาจำเพาะระหว่างแอนติบอดีกับแอนติเจน ซึ่งเป็นโปรตีนที่มาจากแหล่งอาหารที่ก่อให้เกิดภูมิแพ้ การ

ตรวจสอบดังกล่าวมีความไวระดับนาโนกรัมของโปรตีนที่ปนเปื้อน เทคนิค ELISA แบบ sandwich จะมีความไว (sensitivity) และมีความเฉพาะเจาะจง (specificity) สูง เนื่องจากแอนติบอดีมีความบริสุทธิ์และจำเพาะสูงจึงเกิดอันตรกิริยาเฉพาะกับโปรตีนเป้าหมายที่ epitope บนโมเลกุลของแอนติเจนซึ่งเป็นตำแหน่งเฉพาะสำหรับแอนติบอดีชนิดหนึ่งๆ ที่จะเข้ามาจับ อย่างน้อย 2 หรือมากกว่า 2 ตำแหน่ง การดำเนินการตรวจวิเคราะห์เริ่มจากการนำอาหารมาบดให้เป็นเนื้อเดียวกันและสกัดโปรตีนด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ นำสารละลายที่สกัดได้มาทำปฏิกิริยากับแอนติบอดีที่มีความเฉพาะเจาะจงซึ่งเคลือบอยู่บนผิวของ ไมโครเพลท (microplate) ซึ่งจะจับเฉพาะโปรตีน (แอนติเจน) เป้าหมาย จากนั้นจะใช้แอนติบอดีตัวที่ 2 ที่เฉพาะเจาะจงกับแอนติเจนเป้าหมายเช่นกัน โดยแอนติบอดีตัวที่ 2 นี้จะจับอยู่กับเอนไซม์ และทำหน้าที่เป็นตัวตรวจเช็คปริมาณการจับตัวกันของแอนติเจน (โปรตีน) ในอาหารกับแอนติบอดีตัวที่ 1 ผ่านทางกิจกรรมของเอนไซม์ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนสีของสาร ซับสเตรทที่เติมลงไป และระดับความเข้มสีนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณของ antigen antibody complex โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างทดสอบเปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงเมื่อใช้สารโปรตีนมาตรฐาน อาหารสำเร็จรูป (prepackaged food) ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปแล้ว อาจทำให้โปรตีนโมเลกุลมีการเปลี่ยนแปลง และ/หรือสูญเสียโครงสร้าง (denatured) ส่งผลให้ความสามารถในการละลายของโปรตีนลดน้อยลง ดังนั้น ELISA Kit ที่มีคุณภาพจะต้องให้ผลการตรวจวิเคราะห์ของการมีอยู่ของสารดังกล่าวนี้ได้อย่างถูกต้อง แม้ว่าจะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยและอยู่ในสภาพโครงสร้างเดิม หรือสูญเสียโครงสร้างแล้วจากกระบวนการแปรรูป (วิภา สุโรจนเมธากุล, 2553)

4.2) เทคนิคการล้าง (rinsing) เป็นวิธีที่จะใช้เมื่อสามารถใช้น้ำยาเจือจาง (diluent) ล้างจุลินทรีย์ออกมาจากพื้นผิว แล้วนำน้ำล้างไปตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ ดังนั้น พื้นที่ที่จะใช้วิธีการนี้ต้องไม่ลาดเท สามารถกักขัง diluent ที่ทำการล้างไว้ได้ในปริมาณที่เพียงพอแก่การนำไปตรวจเพาะเชื้อ

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jackson and Taher (2010) ทำการทดลองศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการทำความสะอาดแบบแห้ง (dry cleaning) เพื่อกำจัดสารก่อภูมิแพ้อาหาร บนพื้นผิวสัมผัสอาหาร โดยทำการทดลองกำจัดสารก่อภูมิแพ้ 4 ชนิด ได้แก่ นม ไข่ ถั่วลิสง และ ถั่วเหลือง บนพื้นผิวชนิดต่างๆ ได้แก่ สแตนเลส ยูรีเทน และ เทฟลอน ด้วยการเช็ดด้วย สารผสมควอท(quaternary ammonium compounds) 175 µg/L กับ แอลกอฮอล์ (alcohol) ความเข้มข้น 5.48 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการทำความสะอาดด้วยการดูดฝุ่น (vacuum clean) ตรวจสอบด้วยโปรตีนสวอป (Protein swab), ชุดทดสอบELISA (ELISA test kit), ชุดทดสอบแบบคอนเวนชั่นนอลเอทีพี (Conventional ATP swab) และ ชุดทดสอบเซนซิทีฟ เอทีพี (Sensitive ATP swab) ผลการทดลองพบว่า การเช็ดด้วยสารผสมควอท

กับแอลกอฮอล์นั้น สามารถกำจัดสารก่อภูมิแพ้ชนิดต่างๆที่ทำการทดลองได้ดีกว่า โดยพบว่าผลการตรวจสอบหลังเช็ดด้วยสารผสมนั้น เมื่อตรวจสอบด้วย ELISA test kit ตรวจไม่พบสารก่อภูมิแพ้ตกค้างบนทุกพื้นผิว ทุกชนิดของสารที่ทำการทดลอง ส่วนการดูดฝุ่นนั้น พบว่าหลังทำความสะอาดผลการตรวจสอบด้วย ELISA test kit ยังพบว่ามีสารตกค้างบนพื้นผิว

Spektor (2009) ทำการศึกษาประสิทธิภาพการทำความสะอาด เพื่อกำจัดสารก่อภูมิแพ้อาหาร ไข่ ถั่ว นม บนพื้นผิวสแตนเลส โดยเปรียบเทียบการล้าง 4 วิธี ได้แก่ 1) การล้างแบบ Juice Product Association(JPA) Type 4 Wash เป็นการล้างด้วยสารทำความสะอาดชนิด food grade ความเข้มข้น สาร 3 ออนซ์ต่อน้ำ 1 แกลลอน ที่ pH 11.5 2) การล้างแบบ Chlorinated Alkaline Detergent(CAD) Wash เป็นการล้างด้วยสารละลายด่างผสมคลอรีน ความเข้มข้น สาร 3 ออนซ์ต่อน้ำ 1 แกนลอน ที่ pH 12.2 3) การล้างแบบ Acid Detergent (AD) Wash เป็นการล้างด้วยกรด ความเข้มข้น 1 ต่อ น้ำ 5 ส่วน pH 1.35 และ 4) การล้างด้วยน้ำ ทำการตรวจสอบด้วยชุดทดสอบ ELISA test kit เฉพาะสารก่อภูมิแพ้แต่ละชนิด จากการทดลองพบว่า การล้างด้วยด่างผสมคลอรีน (CAD) และการล้างด้วยสารทำความสะอาด food grade (JPA) มีประสิทธิภาพในการลดสารก่อภูมิแพ้ได้ดีที่สุด 99.6 เปอร์เซ็นต์ การล้างน้ำ สามารถลดสารก่อภูมิแพ้ชนิดนมและไข่ได้ดี ที่ 95.5 เปอร์เซ็นต์ และการล้างด้วยกรดลดลงที่ 91.6 เปอร์เซ็นต์

Wade และคณะ (2015) ได้ศึกษาวิธีการกำจัดสารก่อภูมิแพ้ ชนิดถั่วลิสง (peanut) โดยการเช็ดด้วยสารทำความสะอาด 3 ชนิด เปรียบเทียบกัน ได้แก่ สารทำความสะอาดที่ใช้ในครัวเรือน ซึ่งมีส่วนผสมที่เป็นสารออกฤทธิ์ทำความสะอาด ได้แก่ ไดเมทิลเอทิลเบนซิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (n-alkyl dimethyl ethylbenzyl ammonium chloride) และไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (isopropyl alcohol) และสารทำความสะอาดโรงพยาบาล 2 ยี่ห้อ โดย 1) มีส่วนผสมเป็นแอมโมเนียมคลอไรด์ (ammonium chloride) 2) เป็นสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) เช็ดทำความสะอาดพื้นผิวที่ถูกสร้างการปนเปื้อนด้วยเนยถั่ว โดยเช็ดแบบขึ้นลงตรงข้ามกัน 20 ครั้งด้วยพนักงานคนเดียวกัน ได้แก่ โต๊ะ ปกหนังสือ และของเล่นเด็ก ตรวจสอบสารตกค้างโดย ELISA test kits ซึ่งพบว่าหลังจากทำความสะอาดโดยการเช็ดด้วยสารทำความสะอาดทั้ง 3 ชนิดบนพื้นผิวดังกล่าว ตรวจไม่พบสารก่อภูมิแพ้ตกค้างบนพื้นผิว

Yan และคณะ (2013) ได้ศึกษาการทำความสะอาดสายพานด้วยเครื่องดูดฝุ่นไอน้ำแห้ง สายพานมีการปนเปื้อนด้วยสารก่อภูมิแพ้ 3 ชนิด ได้แก่ เนยถั่ว โปรตีนถั่วเหลืองและไข่ขาว อาหารทั้ง 3 ชนิด ถูกทำให้แห้งจนกระทั่งติดสานพาน ความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร ทำความสะอาดด้วยเครื่องดูดฝุ่นไอน้ำซึ่งมีความชื้นต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 77-82 องศาเซลเซียส สิ่งสกปรกจะถูกยกขึ้นด้วยระบบสุญญากาศของเครื่องและเคลื่อนที่ไปยังที่เก็บในเครื่องดูด ขณะที่สายพานเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อนาที ทำจนตรวจสอบด้วยสายตาแล้วสะอาด จากผลการทดลองพบว่า บนสายพานที่ทำจากผ้าไวนิล เนยถั่วกำจัดได้ยากกว่าถั่วเหลืองและไข่ขาว ส่วนสายพานที่ทำ

จากยูรีเทนแบบเรียบ สามารถกำจัดสิ่งสกปรกและสารก่อภูมิแพ้ทั้ง 3 ชนิดได้ แต่อย่างไรก็ตาม ความชื้นจากไอน้ำทำให้ช่วงระหว่างล้อหมุนและสายพานบีบตัวและดันสิ่งสกปรกไปอยู่ด้านบนสุดของชั้นสายพานได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ และเครื่องจักร

3.1.1 วัตถุดิบที่เป็นสารก่อภูมิแพ้ที่ใช้ในการทดสอบ

3.1.1.1 แป้งสาลี ตราช้าง ผลิตจาก ข้าวสาลี จากผู้ผลิตบริษัท เวียดนาม ฟลาว์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด ประเทศเวียดนาม มีปริมาณความชื้น 13 – 14 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน 10 -11 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณกลูเตน 31 เปอร์เซ็นต์

3.1.1.2 นมผง ตรา ฟอนเทียร่า เป็นนมวัวพาสเจอไรส์ ที่ผ่านการทำแห้งด้วยกรรมวิธี สเปรย์ ดราย (spray drying) จากผู้ผลิต กลุ่มบริษัทฟอนเทียร่า (กลุ่มสหกรณ์โคนม) ประเทศนิวซีแลนด์ มีปริมาณความชื้น 3.0 – 4.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมัน 26 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ โดยประมาณ

3.1.1.3 ไข่ขาวผง ตรา เอสเคเอ็ม เป็นไข่ไก่ส่วนไข่ขาวที่ผ่านการทำแห้งด้วยกรรมวิธี สเปรย์ ดราย (spray drying) จากผู้ผลิต บริษัท เอส เค เอ็ม ผลิตภัณฑ์ไข่ จำกัด ประเทศอินเดีย มีปริมาณความชื้น ไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน ไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์

3.1.2 วัตถุดิบที่สำหรับทดสอบการปนเปื้อนหลังการทำความสะอาด

3.1.2.1 แป้งข้าวเจ้า ตราใบหยก ผลิตจากข้าวเจ้า จากผู้ผลิต บริษัท บางกอกอินเตอร์ฟู้ด จำกัด ประเทศไทย มีปริมาณความชื้น ไม่เกิน 13 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ไม่ต่ำกว่า 79 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน 6.0 – 9.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมัน ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์

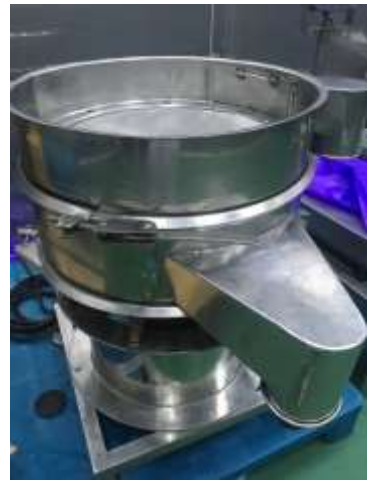
3.1.2.2 แป้งสาลี ตราช้าง ตามข้อ 3.1.1.1

3.1.2.3 แป้งข้าวโพด ตราดอกข้าวโพด จากผู้ผลิต บริษัท เฟรนด์ชิป คอร์น สตาร์ช จำกัด ประเทศไทย มีปริมาณความชื้น ไม่เกิน 13 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีนไม่เกิน 0.4 เปอร์เซ็นต์

3.1.3 เครื่องจักร

3.1.3.1 เครื่องร่อนแบบสั่น (vibrating sieve) (ไท่หยาง, ไต้หวัน) เป็นเครื่องร่อนแบบสั่น (vibrating sieve) ทำด้วยสแตนเลส เกรด 304 กำลัง 1 แรงม้า เครื่องร่อนประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ชั้นบนเป็นตะแกรงร่อน และชั้นล่างเป็นถาดรับวัตถุดิบหลังร่อน ตะแกรงทำจากลวดสแตนเลสสานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร มี 2 ขนาด คือ ตะแกรงร่อน 18 และ 40 เมช (mesh)(ขนาดรูเปิด 0.92 และ 0.46 มิลลิเมตร ตามลำดับ) ส่วนชั้นถาดรับวัตถุดิบเป็นสแตนเลสเรียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร ก่อนการใช้งาน ทำความสะอาดเครื่องร่อนทุกชิ้นส่วนด้วยการเช็ดเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นประกอบเครื่องเข้าด้วยกันตาม

คู่มือการทำงานของเครื่องจักร ลักษณะเครื่องร่อน ดังรูปที่ 3.1 เครื่องร่อนที่ใช้ในการศึกษา เป็นเครื่องที่ผ่านการใช้งานมาประมาณ 10 ปี ลักษณะพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบ ซึ่งเป็นสแตนเลสเรียบนั้น มีผิวไม่เรียบ มีรอยขูดขีด จำนวนมาก ซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นผิวสแตนเลสที่ไม่เรียบ ยากต่อการทำความสะอาด



รูปที่ 3.1 เครื่องร่อนที่ใช้ในการวิจัย

3.1.3.2 เครื่องดูดฝุ่นอุตสาหกรรม (รุ่น IVB 5-M นิวฟิสก์ (Nilfisk), เยอรมนี) ถังทำจากพลาสติกโพลิโพรพิลีน กำลังมอเตอร์สูงสุด 3600 วัตต์ แรงดูด 23 กิโลพาสคาล (Kpa) ดังรูปที่ 3.2 ก

3.1.3.3 เครื่องดูดฝุ่นขนาดเล็ก (รุ่น B115, เทคนิกา, ไทย) กำลังมอเตอร์ 1200 วัตต์ แรงดูด 20 กิโลพาสคาล (Kpa) ลักษณะเครื่องดูดฝุ่น ดังรูปที่ 3.2 ข

(ก)

(ข)

รูปที่ 3.2 เครื่องดูดฝุ่นที่ใช้ในงานวิจัย

ก. เครื่องดูดฝุ่นอุตสาหกรรม และ ข. เครื่องดูดฝุ่นขนาดเล็ก

3.1.3.4 หัวดูดเครื่องดูดฝุ่น (นิวฟิสก์ (Nilfisk), เยอรมนี) มี 2 แบบ ได้แก่ หัวดูดแบบแปรงกลม ขนแปรงพลาสติกโพลิโพรพิลีน (polypropylene, PP) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 มิลลิเมตร ความยาวขนแปรง 20 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 3.3 ก และแบบหัวตัดสำหรับดูดซอก ทำจากวัสดุพลาสติกโพลิโพรพิลีน (polypropylene, PP) ขนาดความยาว 220 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 32 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.3 ข

(ก) (ข)

รูปที่ 3.3 หัวดูดฝุ่นที่ใช้ในงานวิจัย
ก. หัวดูดแบบแปรงกลม และ ข. หัวดูดแบบหัวตัดสำหรับดูดซอก

3.2 อุปกรณ์เครื่องมือ สารเคมีและชุดทดสอบ

3.2.1 อุปกรณ์

3.2.1.1 กระดาษอเนกประสงค์แบบหนา ขนาดกระดาษ 21.5 x 25.5 เซนติเมตร (RiverPRO ริเวอร์โปร์ พัลพ แอนด์ เพเพอร์, ไทย)

3.2.1.2 กระบอกฉีดแอลกอฮอล์ (Foggy รุ่น Duty,มุ่งพัฒนา อินเตอร์แนชชั่นแนล,ไทย)

3.2.1.3 ตะแกรงร่อนสแตนเลส เส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร ขนาด 20 เมช (ประพลโลหะภัณฑ์,ไทย)

3.2.1.4 ที่วางหลอดทดลองสแตนเลส

3.2.1.5 แปรงไนล่อน พร้อมที่รองฝุ่น (จากเทสโก้, เดอะลาย เทรดดิ้ง ,ไทย)

3.2.1.6 แผ่นกำหนดพื้นที่สี่เหลี่ยม ทำจากแผ่นพลาสติก ขนาด 10x10 เซนติเมตร

3.2.1.7 ไม้พันสำลีปราศจากเชื้อ ขนาด 5 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร (ไทยก๊อซ,ไทย)

3.2.1.8 สติ๊กเกอร์พีวีซีใส (PVC101/20) ขนาด 210 x 297 มิลลิเมตร (เลเบล คอนเวอเตอร์ ,ไทย)

3.2.1.9 หลอดทดลองพร้อมฝา ขนาด 100 มิลลิลิตร

3.2.2 เครื่องมือ

3.2.2.1 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (And , ญี่ปุ่น)

3.2.2.2 ตู้บ่ม 55 องศาเซลเซียส (Memmert, เยอรมนี)

3.2.3 สารเคมี

3.2.3.1 เอทิล แอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร (ธนนันท์ เคมิคอล, ไทย)

3.2.3.2 น้ำกลั่น (ธนนันท์ เคมิคอล, ไทย)

3.2.3.2 สารทำความสะอาดเครื่องจักร โทแพค 75(204-318583) (อีโคแลป, ไทย)
ส่วนประกอบหลัก ได้แก่ โซเดียม ลิเนีย อัลคิล เบนซีน ซัลโฟเนต (sodium linear alkylbenzene sulfonate CAS NO. 25155-30-0) 15-20เปอร์เซ็นต์ และ โซเดียม ลอริล อีเทอร์ (sodium lauryl ether sulfate CAS NO.9004-82-4) 1-5เปอร์เซ็นต์

3.2.4 ชุดทดสอบ

3.2.4.1 ชุดทดสอบโปรตีน 3M Clean-Trace Surface Protein (Allergen) (ALLTEC60) (3เอ็ม ,สหรัฐอเมริกา)

3.2.4.2 ชุดทดสอบสารก่อภูมิแพ้ แบบ ELISA

3.2.4.2.1 RIDASCREEN® Gliadin (R7001) (อาร์ไบโอฟาร์ม , เยอรมนี)

3.2.4.2.2 RIDASCREEN® Milk (R4652) (อาร์ไบโอฟาร์ม , เยอรมนี)

3.2.4.2.3 RIDASCREEN® Ei/Egg (R6402) (อาร์ไบโอฟาร์ม , เยอรมนี)

3.2.4.2 ชุดทดสอบสารก่อภูมิแพ้ แบบ Lateral Flow

3.2.4.2.1 3M Gluten Protein Rapid Test (L25GLU) (3เอ็ม ,สหรัฐอเมริกา)

3.2.4.2.2 3M Bovine Total Milk Protein Rapid Test (L25MLK) (3เอ็ม ,สหรัฐอเมริกา)

3.2.4.2.3 Bioavid Lateral Flow Test Egg(BL-608-25) (อาร์ไบโอฟาร์ม , เยอรมนี)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบที่ค้างบนตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบ

ร่อนวัตถุดิบ ได้แก่ แป้งสาลี นมผงและไข่ขาวผง จำนวน 50 กิโลกรัม ด้วยเครื่องร่อนแบบสั่น กำหนดให้แป้งสาลีร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช ส่วนไข่ขาวผงและนมผง ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 18 เมช ใช้เวลาในการร่อนประมาณ 8 - 15 นาที ตามลำดับ ถอดชั้นตะแกรงร่อนออกจากเครื่อง ส่วนของถาดรับวัตถุดิบให้กวาดวัตถุดิบที่ค้างออกจากถาดให้หมดด้วยแปรงไนล่อน จากนั้นใช้กระดาษสติ๊กเกอร์พีวีซีใส ขนาด 10 x 10 เซนติเมตร ที่เตรียมไว้ ลอกสติ๊กเกอร์ออกจากแผ่นกระดาษ ติดลงบนพื้นผิวตะแกรงและพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบ อย่างละ 5 จุด ได้แก่ ด้านบน ด้านล่าง ด้านซ้าย ด้านขวา และกึ่งกลางของตะแกรงและถาด ใช้มือสะอาดรีดสติ๊กเกอร์ให้ติดกับตะแกรงจนเรียบ ดังรูปที่ 3.4 ก และ 3.4 ข จากนั้นดึงสติ๊กเกอร์ออกติดลงแผ่นกระดาษอันเดิม แล้ว

นำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง คำนวณน้ำหนักของวัตถุดิบที่ติดบนตะแกรงร่อน จากผลต่างของน้ำหนักสติ๊กเกอร์ก่อนและหลังจากติดบนตะแกรง ทำการทดลอง 4 ซ้ำ

(ก)

(ข)

รูปที่ 3.4 ลักษณะการติดสติ๊กเกอร์บนเครื่องร่อนเพื่อตรวจสอบปริมาณผงวัตถุดิบ
ก. การติดสติ๊กเกอร์บนตะแกรงร่อน และ ข. การติดสติ๊กเกอร์บนถาดรับวัตถุดิบ

3.3.2 การคัดเลือกชนิดของเครื่องดูดฝุ่นและหัวดูด

ทำการทดลองเบื้องต้นโดยคัดเลือกวัตถุดิบที่มีสารก่อภูมิแพ้หนึ่งชนิดที่ใช้ในโรงงานเป็นตัวแทน นำมาทดสอบการทำความสะอาดเครื่องร่อนที่ผ่านการใช้งานด้วยวิธีการทำความสะอาดแบบแห้ง โดยเลือกใช้วัตถุดิบนมผง เนื่องจากเป็นสารก่อภูมิแพ้ที่มีคนแพ้เป็นจำนวนมาก และเป็นวัตถุดิบที่ใช้กับสินค้าหลากหลายชนิด ลักษณะของวัตถุดิบดูดความชื้นได้ง่าย ละลายน้ำได้ เป็นวัตถุดิบที่ทำความสะอาดยากเมื่อเทียบกับชนิดอื่นๆ

ร่อนวัตถุดิบ นมผง จำนวน 50 กิโลกรัมด้วยเครื่องร่อนแบบสั่น ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 18 เมช ใช้เวลาในการร่อนประมาณ 10 นาที เมื่อร่อนเสร็จ ให้ถอดชั้นตะแกรงร่อนออกวางบนโต๊ะสแตนเลส ส่วนชั้นถาดรับวัตถุดิบให้กวาดวัตถุดิบที่ค้างบนถาดออกด้วยแปรงไนล่อนขนาดความยาวแปรง 60 มิลลิเมตรตรวจสอบด้วยสายตาไม่พบเศษวัตถุดิบ จากนั้นทำการดูดฝุ่นโดยใช้เครื่องดูดฝุ่น 2 เครื่องที่มีกำลังมอเตอร์แตกต่างกัน ได้แก่ 1200 และ 3600 วัตต์ เป็นระยะเวลา 5 นาที ทั้งส่วนตะแกรงร่อน และถาดรับวัตถุดิบ เก็บตัวอย่างวัตถุดิบที่ตกค้างบนพื้นผิวตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบหลังการดูดฝุ่น โดยการสวอป (swab) ตรวจสอบหาโปรตีนตกค้าง ตามวิธีการข้อ 3.3.8.2 ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อคัดเลือกกำลังมอเตอร์ของเครื่องดูดฝุ่นที่เหมาะสม

จากนั้นทำความสะอาดเครื่องร่อนด้วยหัวดูดที่ต่างกัน โดยสร้างการปนเปื้อนของวัตถุดิบนมผงบนเครื่องร่อนเช่นเดียวกับวิธีการที่กล่าวมาข้างต้น ทำการดูดฝุ่นด้วยเครื่องดูดฝุ่นกำลังมอเตอร์ที่คัดเลือกไว้ โดยใช้หัวดูดที่ต่างกัน ได้แก่ หัวดูดแบบแปรงกลมและหัวดูดแบบหัวตัดสำหรับดูดซอก เป็นระยะเวลา 5 นาที ทั้งส่วนตะแกรงร่อน และถาดรับวัตถุดิบ เก็บตัวอย่างวัตถุดิบ

ที่ตกค้างบนพื้นผิวตะแกรงร่อน และถาดรับวัตถุดิบหลังการดูดฝุ่น โดยการสวอป (swab) ตรวจสอบหาโปรตีนตกค้างตามวิธีการข้อ 3.3.8.2 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เพื่อคัดเลือกหัวดูดฝุ่นที่เหมาะสมมาใช้ในการทดลองต่อไป

3.3.3 การศึกษาผลการดูดฝุ่นตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบด้วยเครื่องดูดฝุ่น

ร่อนวัตถุดิบ แป้งสาลี นมผง และไข่ขาวผง จำนวน 50 กิโลกรัมด้วยเครื่องร่อนแบบสั่นตามวิธีการในข้อ 3.3.1 เมื่อร่อนเสร็จ ให้ถอดชั้นตะแกรงร่อนออกวางบนโต๊ะสแตนเลส ทำความสะอาดตะแกรงร่อนด้วยเครื่องดูดฝุ่นที่กำลังมอเตอร์และหัวดูดตามที่ได้คัดเลือกจากข้อ 3.3.2 เริ่มจากดูดฝุ่นบริเวณขอบชั้นตะแกรงด้านข้างจนทั่ว ประมาณ 1 นาที แล้วดูดฝุ่นส่วนตะแกรงสแตนเลสสาน 1 รอบ โดยใช้เวลา 1 นาที เริ่มดูดรอบวงตะแกรง ดูดตามแนวนอนจากซ้ายไปขวาจนทั่วตะแกรง แล้วดูดตามแนวตั้งจากบนลงล่างจนทั่ว ใช้เวลาประมาณ 1 นาที ทำการทดลองดูดฝุ่นตะแกรงร่อนที่ระยะเวลาในการทำความสะอาด 1, 5 และ 10 นาที ตามลำดับ สำหรับถาดรับวัตถุดิบด้านล่าง ทำความสะอาดด้วยการกวาดผงวัตถุดิบออกโดยแปรงไนล่อนขนาดความยาวแปรง 60 มิลลิเมตร จากนั้นดูดฝุ่นด้วยเครื่องดูดฝุ่นตามที่ได้คัดเลือกจากข้อ 3.3.2 ด้วยวิธีการเดียวกับการดูดฝุ่นตะแกรงร่อน ทำการทดลองดูดฝุ่นถาดรับวัตถุดิบที่ระยะเวลา 1, 3 และ 5 นาที ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบด้วยสายตา จากนั้นเก็บตัวอย่างพื้นผิวตะแกรงร่อน และถาดรับวัตถุดิบ โดยการสวอป (swab) ตรวจสอบหาโปรตีนตกค้าง เพื่อคัดเลือกระยะเวลาในการดูดฝุ่นที่เหมาะสมที่สุด

3.3.4 การศึกษาผลของการเช็ดพื้นผิวสแตนเลสถาดรับวัตถุดิบด้วยเอทานอล

สร้างการปนเปื้อนให้กับพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบ โดยนำวัตถุดิบ ได้แก่ แป้งสาลี นมผง และไข่ขาวผง ปริมาณ 150 กรัม โรยผ่านตะแกรงร่อน 20 เมช เพื่อให้วัตถุดิบกระจายให้ทั่วบนชั้นถาดรับวัตถุดิบ จากนั้นกวาดผงวัตถุดิบที่โรยออกด้วยแปรงไนล่อน ทำการเช็ดพื้นผิวด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 20, 50 และ 70 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร โดยสเปรย์เอทานอล 15 ครั้งจนทั่วถาด ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วเช็ดออกด้วยกระดาษอเนกประสงค์แบบหนา ขนาดกระดาษ 21.5 x 25.5 เซนติเมตร (RiverPRO ริเวอร์โปร์ พัลพ แอนด์ เพเพอร์, ไทย) พับครึ่ง 2 ครั้ง เช็ดตามแนวตั้งจากบนลงล่างจนทั่วถาด 1 รอบ จากนั้นสเปรย์เอทานอลซ้ำปริมาณเท่าเดิม เปลี่ยนกระดาษใหม่ พับเช่นเดียวกับครั้งแรก เช็ดถาดรับวัตถุดิบแนวนอนจากซ้ายไปขวาจนทั่วถาด 1 รอบ เปลี่ยนกระดาษใหม่ และเช็ดซ้ำตามแนวตั้งจากบนลงล่างอีก 1 รอบ จนเอทานอลแห้ง ตรวจสอบการเช็ดพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบหลังทำความสะอาดด้วยเอทานอลด้วยสายตา จากนั้นเก็บตัวอย่าง โดยการสวอปพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบ ตรวจสอบหาโปรตีนตกค้าง เพื่อคัดเลือกความเข้มข้นสารเอทานอลที่เหมาะสม

3.3.5 การศึกษาผลของการดูดฝุ่นร่วมกับการเช็ดด้วยเอทานอลบนถาดรับวัตถุดิบ

ร่อนวัตถุดิบ ได้แก่ แป้งสาลี นมผง และไข่ขาวผง ปริมาณ 50 กิโลกรัม ด้วยเครื่องร่อนแบบสั่น ตามวิธีการในข้อ 3.3.1 จากนั้นถอดชั้นตะแกรงร่อนออก ทำความสะอาดถาดรับวัตถุดิบด้วยการดูดฝุ่นร่วมกับการใช้เอทานอล เริ่มจาก กวาดถาดรับวัตถุดิบหลังร่อนด้วยแปรงไนล่อน จากนั้นทำการดูดฝุ่นด้วยเครื่องดูดฝุ่นที่คัดเลือกจากข้อที่ 3.3.2 ตามวิธีการดูดฝุ่นและระยะเวลาที่เหมาะสมที่คัดเลือกไว้ในข้อ 3.3.3. จากนั้นสเปรย์เอทานอลตามระดับความเข้มข้นที่คัดเลือกจากการทดลองเช็ดในข้อ 3.3.4 และดำเนินการตามวิธีการในข้อ 3.3.4 ตรวจสอบการเช็ดพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบหลังทำความสะอาดด้วยเอทานอลด้วยสายตา จากนั้นเก็บตัวอย่าง โดยการสวอปพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบ ตรวจสอบหาโปรตีนตกค้าง เพื่อยืนยันความเหมาะสมของสภาวะที่คัดเลือกมาจากการทดลองข้างต้น เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทำความสะอาดถาดรับวัตถุดิบ จากข้อ 3.3.3 และ 3.3.4

3.3.6 การศึกษาผลของการทำความสะอาดเครื่องร่อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตจริง

นำวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการทำความสะอาดตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบของเครื่องร่อนแบบสั่น มาใช้ในการทำความสะอาดเครื่องร่อนในกระบวนการผลิตจริง โดยการร่อนวัตถุดิบ ได้แก่ แป้งสาลีร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช ส่วนนมผงและไข่ขาวผงร่อนผ่านตะแกรงขนาด 18 เมช ปริมาณ 50 กิโลกรัม ด้วยเครื่องร่อนแบบสั่น ตามวิธีการข้างต้น ข้อที่ 3.3.3 จากนั้นถอดชั้นตะแกรงร่อนออกแล้ว ตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบที่ติดค้างบนเครื่องร่อนแบบสั่นด้วยการชั่งน้ำหนัก ตามวิธีการข้อ 3.3.1 โดยตรวจสอบก่อนดูดฝุ่นและหลังดูดฝุ่น ทั้งส่วนของตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบ จากนั้นทำความสะอาดโดยการดูดฝุ่นด้วยเครื่องดูดฝุ่นที่คัดเลือกจากข้อ 3.3.2 ตามวิธีการและระยะเวลาที่เหมาะสม และทำความสะอาดถาดรับวัตถุดิบด้วยการดูดฝุ่นร่วมกับการเช็ดด้วยเอทานอลตามวิธีการและสภาวะที่เหมาะสม ตามวิธีการข้อที่ 3.3.5 แล้วตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบหลังเช็ดอีกครั้ง เพื่อเปรียบเทียบผลกับปริมาณวัตถุดิบก่อนเช็ด โดยนำค่าที่ได้คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การลดลงของวัตถุดิบในแต่ละขั้นตอนการทำความสะอาด และตรวจสอบสารก่อภูมิแพ้โดยเก็บตัวอย่างพื้นผิวตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบหลังทำความสะอาดโดยการสวอปและนำไปตรวจสอบวิเคราะห์ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ตกค้างบนพื้นผิวหลังการทำความสะอาด ด้วยวิธี Enzyme -linked immunosorbent assay (ELISA) ตามวิธีการข้อ 3.3.8.3 นำผลการทดลองที่ได้เปรียบเทียบผลกับวิธีการทำความสะอาดปัจจุบัน ซึ่งใช้วิธีการล้างด้วยน้ำและสารทำความสะอาด โทแพค 75 ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ขัดถูด้วยฟองน้ำทั้งส่วนตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบ ตรวจสอบสารโปรตีนตกค้างตามวิธีการข้อ 3.3.8.2 และสารก่อภูมิแพ้ตกค้างบนพื้นผิวตรวจสอบด้วยชุดทดสอบแบบ Lateral flow ตามวิธีข้อ 3.3.8.4

3.3.7 การตรวจสอบปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ปนเปื้อนไปยังสินค้าอื่นที่ใช้เครื่องร่อนเดียวกัน

ทำการร่อนวัตถุดิบ ได้แก่ แป้งสาลี นมผง และไข่ขาวผง แล้วทำความสะอาดเครื่องร่อนตามวิธีที่เหมาะสมจากการทดลองข้างต้น ได้แก่ ตะแกรงร่อน ทำความสะอาดด้วยการดูดฝุ่นตามสภาวะที่เหมาะสมในข้อที่ 3.3.3 ส่วนถาดรับวัตถุดิบทำความสะอาดด้วยวิธีการร่วมกันจากสภาวะที่เหมาะสมในข้อที่ 3.3.5

จากนั้นประกอบเครื่องร่อนแล้วนำวัตถุดิบชนิดอื่นที่ไม่มีสารก่อภูมิแพ้ชนิดเดียวกันมาร่อนต่อด้วยเครื่องร่อนเดิม ได้แก่ ร่อนแป้งข้าวเจ้าต่อจากแป้งสาลี ร่อนแป้งสาลีต่อจากนมผง และร่อนแป้งข้าวโพดต่อจากไข่ขาวผง เก็บตัวอย่างวัตถุดิบที่ผ่านการร่อนแล้ว โดยเขย่าถุงบรรจุแป้งหลังร่อนให้เข้ากันแล้วเก็บตัวอย่างปริมาณ 1 กิโลกรัม ส่งตรวจสอบปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ปนเปื้อนในวัตถุดิบที่ร่อนหลังจากทำความสะอาดด้วยเครื่องร่อนเดียวกันด้วยวิธี ELISA โดยสารก่อภูมิแพ้ไกลอะดิน(gliadin)จากแป้งสาลี ใช้ชุดทดสอบ RIDASCREEN® Gliadin (R7001) สารก่อภูมิแพ้นม(Total milk)จากนม ใช้ชุดทดสอบ RIDASCREEN® Milk (R4652) และสารก่อภูมิแพ้ไข่(Egg)จากไข่ขาว ใช้ชุดทดสอบ RIDASCREEN® Ei/Egg (R6402) โดยทำการทวนสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

3.3.8 วิธีการตรวจสอบสารก่อภูมิแพ้

3.3.8.1 การตรวจสอบวัตถุดิบบนพื้นผิวด้วยสายตา

ทำการตรวจสอบวัตถุดิบตกค้างบนพื้นผิวเครื่องร่อนทั้งส่วนของตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบด้วยสายตา โดยตรวจสอบผงวัตถุดิบที่ตกค้างบนพื้นผิว จากการมองเห็นด้วยตาเปล่าหรือจากการถ่ายรูป หากพบว่ามีฝุ่นผงวัตถุดิบติดบนพื้นผิว ให้รายงาน (+ 1) หมายถึง พบฝุ่นระดับต่ำ ปริมาณน้อย ¼ ของพื้นที่ รายงาน (+ 2) หมายถึง พบฝุ่นระดับปานกลาง ปริมาณน้อย ½ ของพื้นที่ และรายงาน (+ 3) หมายถึง พบฝุ่นระดับปานกลาง ปริมาณน้อย 1/1 ของพื้นที่ หากมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าหรือรูปถ่าย จะรายงานว่าไม่มีฝุ่นผงวัตถุดิบ (-)

3.3.8.2 การตรวจวิเคราะห์โปรตีนตกค้าง

ทำการทดสอบหาสารโปรตีนตกค้างบนพื้นผิวตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบโดยการสวอป ด้วยชุดทดสอบ 3M Clean-Trace™ Surface Protein (Allergen) หลังจากทำความสะอาดด้วยวิธีการดูดฝุ่น การเช็ดด้วยเอทานอล ดึงก้านสวอบออกจากชุดทดสอบ หยด moisturizer ที่มากับชุดทดสอบประมาณ 4 หยด แล้วสวอป บนพื้นผิวขนาด 10 x 10 ตารางเซนติเมตร โดยลากหัวสวอป แบบสลับไปมา เก็บพื้นที่ผิวให้ทั่ว แล้วกดที่ด้ามจับให้ปลายก้าน สวอป ทะลุสัมผัสสารละลาย เขย่าไปมาประมาณ 5 วินาที จนสารละลายเปลี่ยนจากสีใสเป็นสีเขียว จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที อ่านผลโดยการเปรียบเทียบสีของสารละลายกับแถบสีข้างหลอด การแปลผล สีของปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับปริมาณของโปรตีนที่ตกค้าง แบ่งออกเป็น 3

ระดับ ได้แก่ สีเขียว แสดงว่าผลการทดสอบผ่าน แสดงว่าจุดนั้นมีโปรตีนตกค้างต่ำกว่า 3 ไมโครกรัม ไม่ต้องทำความสะอาดใหม่ สีเทา ไม่มีผลสรุปที่แน่ชัด แนะนำว่าควรทำความสะอาดใหม่และตรวจสอบซ้ำ และสีม่วง แสดงผลไม่ผ่าน ต้องทำความสะอาดใหม่ (3 เอ็ม ประเทศไทย, 2551) (ภาคผนวก ง)

3.3.8.3 การตรวจสอบปริมาณสารก่อภูมิแพ้ด้วยวิธี ELISA

ทำการเก็บตัวอย่างพื้นผิวตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบหลังการทำความสะอาดด้วยวิธีการที่เหมาะสม โดยการนำไม้พันสำลีปราศจากเชื้อ ที่ได้รับจากห้องปฏิบัติการทดสอบ จุ่มสารละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์ ปริมาตร 15 มิลลิลิตร แล้วสวอปพื้นที่ 5 x 10 ตารางเซนติเมตร จากนั้นใส่ไม้พันสำลีปราศจากเชื้อนั้นลงในหลอดทดลองเดิม ปิดฝา (อินเตอร์เทค เทสติ้ง เซอร์วิส เซส (ประเทศไทย), มปป.) เขียนรายละเอียดตัวอย่างที่หลอดทดลอง นำไปเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนส่งให้ห้องปฏิบัติการทดสอบภายใน 24 ชั่วโมง เพื่อตรวจสอบปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ตกค้างบนพื้นผิวหลังทำความสะอาดด้วยวิธี (ELISA) ด้วยชุดทดสอบ R-Biopharm (อาร์-ไบโอฟาร์ม, เยอรมนี) ได้แก่ สารก่อภูมิแพ้จากแป้งสาลี ทดสอบด้วย ชุดทดสอบ RIDASCREEN® Gliadin (R7001) สารก่อภูมิแพ้จากนม ทดสอบด้วยชุดทดสอบ RIDASCREEN® Milk (R4652) และ สารก่อภูมิแพ้จากไข่ ทดสอบด้วยชุดทดสอบ RIDASCREEN® Ei/Egg (R6402)โดยส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการ บริษัท อินเตอร์เทค เทสติ้ง เซอร์วิสเซส (ประเทศไทย) จำกัด (ภาคผนวก ง)

3.3.8.4 การตรวจสอบปริมาณสารก่อภูมิแพ้ด้วยชุดทดสอบแบบ Lateral flow

ทำการเก็บตัวอย่างพื้นผิวเครื่องจักร หลังการทำความสะอาดด้วยวิธีการที่ที่กำหนด โดยการนำไม้พันสำลีปราศจากเชื้อ จุ่มสารละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์ ปริมาตร 15 มิลลิลิตร แล้วสวอปพื้นที่ 10 x 10 ตารางเซนติเมตร จากนั้นใส่ไม้พันสำลีปราศจากเชื้อนั้นลงในหลอดทดลองเดิม ปิดฝา เขียนรายละเอียดตัวอย่างที่หลอดทดลอง เพื่อนำไปตรวจสอบหาสารก่อภูมิแพ้ที่ตกค้างบนพื้นผิวหลังทำความสะอาด ด้วยชุดทดสอบ Lateral Flow ได้แก่ สารก่อภูมิแพ้จากแป้งสาลี ทดสอบด้วย ชุดทดสอบ 3M Gluten Protein Rapid Test (L25GLU) สารก่อภูมิแพ้จากนม ทดสอบด้วยชุดทดสอบ 3M Bovine Total Milk Protein Rapid Test (L25MLK) และ สารก่อภูมิแพ้จากไข่ ทดสอบด้วยชุดทดสอบ Bioavid Lateral Flow Test Egg (BL-608-25) (ภาคผนวก ง)

3.3.9 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวางแผนการทดลองเป็นแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำความสะอาดเครื่องร่อน ข้อ 3.3.3 การศึกษาผลของการดูดฝุ่น ตัวแปรต้น คือ ระยะเวลาในการดูดฝุ่นบนพื้นผิวเครื่องร่อนทั้งสองส่วน โดยมีผลการตรวจพบสารโปรตีน

ตกค้างเป็นตัวแปรตาม ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ส่วนข้อที่ 3.3.4 การศึกษาผลของการเช็ดด้วยเอทานอลบนพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบของเครื่องร่อน ตัวแปรต้น คือ ความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้ในการเช็ด โดยมีผลการตรวจพบสารโปรตีนตกค้างเป็นตัวแปรตาม ทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ การทำความสะอาดเครื่องร่อนในกระบวนการผลิตจริง ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเป็นแบบสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบต่อจำนวนตัวอย่างที่ทดสอบ เพื่อสรุปผลของการทำความสะอาดแบบแห้งด้วยวิธีการดูดฝุ่น การเช็ดเอทานอล และวิธีการทำความสะอาดร่วมกัน ต่อการลดลงของสารก่อภูมิแพ้ทั้ง 3 ชนิดที่ทำการศึกษา ได้แก่ แป้งสาลี นมผง และ ไข่ขาวผง

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบที่ค้างบนเครื่องร่อน

จากการตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบที่ติดค้างบนพื้นผิวเครื่องร่อนแบบสั่น ทั้งในส่วนตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบ ตามตารางที่ 4.1 พบว่า หลังจากทำการร่อนมีวัตถุดิบ แป้งสาลี นม และไข่ขาวผง ติดค้างบนตะแกรงร่อนอยู่ในช่วง 0.0165 - 0.0261, 0.0042 - 0.0062 และ 0.0067 - 0.0072 กรัม ค่าเฉลี่ย 0.0203, 0.0054 และ 0.0069 กรัมบนพื้นที่ผิว 100 ตารางเซนติเมตร หรือคิดเป็นปริมาณ 0.0398, 0.1066 และ0.1361 กรัมบนพื้นที่ตะแกรงทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนในชั้นถาดรับวัตถุดิบ หลังร่อนวัตถุดิบ แล้วกวาดวัตถุดิบที่ค้างถาดออก พบว่า มีวัตถุดิบ แป้งสาลี นม และไข่ขาวผง ติดค้างบนถาดรับวัตถุดิบ อยู่ในช่วง 0.0047 – 0.0072, 0.0030 - 0.0038 และ 0.0045 – 0.0082 กรัม ค่าเฉลี่ย 0.0062, 0.0034 และ 0.0065 กรัมบนพื้นที่ผิว 100 ตารางเซนติเมตร หรือคิดเป็นปริมาณ 0.1762, 0.0951 และ0.1846 กรัมบนพื้นที่ถาดรับวัตถุดิบทั้งหมด ตามลำดับ เนื่องจากลักษณะพื้นผิวตะแกรงร่อนที่เป็นเส้นลวดสาน ทำให้มีพื้นที่พักของวัตถุดิบหลังร่อนปริมาณมากก่อนการทำความสะอาด ส่วนถาดรับวัตถุดิบ หลังจากร่อนวัตถุดิบเสร็จ และกวาดแล้ว จึงพบว่ามีวัตถุดิบบางส่วนติดค้างอยู่แต่เป็นปริมาณที่น้อยมาก การกวาดพื้นผิวเรียบสามารถลดปริมาณวัตถุดิบที่ค้างบนถาดรับลงได้ แต่ไม่สามารถกำจัดฝุ่นออกได้หมด

ตารางที่ 4.1 ปริมาณวัตถุดิบ แป้งสาลี นมผง และไข่ขาวผง ที่ค้างบนเครื่องร่อนแบบสั่น

เครื่องร่อน	วัตถุดิบ	ปริมาณผงวัตถุดิบ (กรัม)	
		บนพื้นที่100 ตารางเซนติเมตร*	บนพื้นที่ผิวทั้งหมด
ตะแกรงร่อน[1]	แป้งสาลี	0.0203 ± 0.0051	0.3984 ± 0.1001
	นมผง	0.0054 ± 0.0011	0.1066 ± 0.0212
	ไข่ขาวผง	0.0069 ± 0.0003	0.1361 ± 0.0049
ถาดรับวัตถุดิบ[2]	แป้งสาลี	0.0062 ± 0.0013	0.1762 ± 0.0379
	นมผง	0.0034 ± 0.0004	0.0951 ± 0.0114
	ไข่ขาวผง	0.0065 ± 0.0019	0.1846 ± 0.0530

หมายเหตุ : [1] ตะแกรงร่อนมีพื้นที่ผิวขนาด 1,962.50 ตารางเซนติเมตร, [2]ส่วนถาดรับวัตถุดิบ มีพื้นที่ผิวขนาด 2,826.00 ตารางเซนติเมตร , ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

4.2 การคัดเลือกเครื่องดูดฝุ่นและหัวดูด

จากการศึกษาผลของกำลังมอเตอร์ของเครื่องดูดฝุ่นต่อการกำจัดสารก่อภูมิแพ้นมผงบนเครื่องร่อน ดังตารางที่ 4.2 พบว่าการดูดฝุ่นตะแกรงร่อนด้วยเครื่องดูดฝุ่นที่กำลัง 3600 วัตต์ (1200 วัตต์ x 3 มอเตอร์) ตรวจพบสารโปรตีนตกค้างในปริมาณน้อยกว่าการดูดฝุ่นด้วยเครื่อง 1200 วัตต์ สำหรับการดูดฝุ่นบนพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบ พบว่าเครื่องดูดฝุ่นที่กำลัง 3600 วัตต์ ตรวจไม่พบโปรตีนตกค้างบนพื้นผิว ในขณะที่เครื่องดูดฝุ่นกำลัง 1200 วัตต์ ตรวจพบสารโปรตีนตกค้างพื้นผิว เนื่องจากเครื่องดูดฝุ่นที่มีกำลังมอเตอร์สูงทำให้มีแรงดูดที่สูงกว่าจึงทำให้สามารถดูดฝุ่นวัตถุดิบนมผงที่ทดสอบได้ดีกว่าเครื่องที่กำลังต่ำกว่า การทำความสะอาดเครื่องร่อนด้วยเครื่องดูดฝุ่นเกิดจากแรงดูดซึ่งถูกสร้างจากมอเตอร์ของเครื่องดูดฝุ่น เมื่อเครื่องดูดฝุ่นทำงานจะเกิดความดันที่ต่างกันระหว่างภายในเครื่องดูดฝุ่นและความดันอากาศปกติภายนอก เมื่อต่อท่อจากพื้นที่เก็บฝุ่นซึ่งมีความดันอากาศต่ำ ทำให้เกิดแรงดูดที่ปลายท่อส่งผลให้ฝุ่นผงวัตถุดิบหรือสิ่งสกปรกหลุดออกจากพื้นผิวเข้าไปในที่เก็บฝุ่นของเครื่องดูดฝุ่น (Moreman and Mager, 2016) จากการทดลองนี้พบว่าเครื่องดูดฝุ่นที่กำลังมอเตอร์สูงกว่าสามารถดูดฝุ่นวัตถุดิบออกได้ดีกว่าเครื่องดูดฝุ่นที่กำลังต่ำกว่าจึงเลือกเครื่องที่กำลังสูงกว่า คือ เครื่อง 3600 วัตต์ เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4.2 ผลของการดูดฝุ่นด้วยเครื่องดูดฝุ่นที่มีกำลังมอเตอร์ต่างกัน

กำลัง (วัตต์)	ส่วนของเครื่องร่อน	ผลการตรวจสอบด้วยสายตาหลังการดูดฝุ่น*	ผลการตรวจสอบโปรตีนตกค้างบนพื้นผิว** จำนวนผลที่ได้/จำนวนทดสอบทั้งหมด		
			ผลผ่าน[1]	ไม่มีผลสรุปแน่ชัด[2]	ไม่ผ่าน[3]
3600	ตะแกรง	-	0/3***	3/3	0/3
	ถาดรับ	-	3/3	0/3	0/3
1200	ตะแกรง	+1	0/3	0/3	3/3
	ถาดรับ	-	1/3	2/3	0/3

หมายเหตุ : *ตรวจสอบด้วยสายตาหลังดูดฝุ่น, - ไม่พบวัตถุดิบบนพื้นผิว, +1 พบวัตถุดิบบนพื้นผิวในระดับน้อย

* **ตรวจสอบโปรตีนตกค้างด้วยชุดทดสอบ 3M Clean-Trace™ Surface Protein (Allergen), *** 0 ครั้งในการทดลอง 3 ครั้ง ที่ผลผ่าน [1] ผลผ่าน คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีเขียว, [2] ไม่มีผลสรุปแน่ชัด คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีเทา, [3] ไม่ผ่าน คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีม่วง

จากการทดลองเปรียบเทียบผลของการดูดฝุ่นด้วยเครื่องดูดฝุ่นที่กำลัง 3600 วัตต์ เพื่อคัดเลือกชนิดของหัวดูดฝุ่นที่เหมาะสมกับการทำความสะอาดเครื่องร่อน ดังตารางที่ 4.3 พบว่าหัวดูดฝุ่นแบบแปรงกลมให้ผลที่ไม่แตกต่างกันกับหัวดูดแบบหัวตัดสำหรับดูดซอก โดยพบว่า หัวดูดทั้งสองแบบหลังจากดูดฝุ่น ตรวจพบโปรตีนตกค้างพื้นผิวตะแกรงร่อนและพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบในปริมาณมากกว่า 3 ไมโครกรัม การใช้หัวดูดแบบหัวดูดซอก ซึ่งเป็นหัวตัดเหลี่ยมพบฝุ่นบริเวณ

ด้านข้างของชั้นตะแกรงร่อนและชั้นถาดรับวัตถุดิบ โดยหัวดูดแบบแปรงกลมสามารถหมุนเพื่อให้แทรกเข้าไปในจุดต่างๆของเครื่องได้ดีกว่าหัวดูดแบบหัวตัดที่มีลักษณะตรงไม่สามารถหมุนแทรกในพื้นที่ต่างๆได้ จากการทดลอง เลือกหัวดูดแบบแปรงกลม เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4.3 ผลของการดูดฝุ่นด้วยหัวดูดที่ต่างกัน

หัวดูดฝุ่น	ส่วนของเครื่องร่อน	ผลการตรวจสอบด้วยสายตาหลังการดูดฝุ่น*	ผลการตรวจสอบโปรตีนตกค้างบนพื้นผิว** จำนวนผลที่ได้/จำนวนทดสอบทั้งหมด		
			ผลผ่าน[1]	ไม่มีผลสรุปแน่ชัด[2]	ไม่ผ่าน[3]
หัวตัดดูดซอก	ตะแกรง	-	0/3***	0/3	3/3
	ถาดรับ	+1	0/3	1/3	2/3
หัวแปรงกลม	ตะแกรง	-	0/3	0/3	3/3
	ถาดรับ	-	0/3	1/3	2/3

หมายเหตุ : *ตรวจสอบด้วยสายตาหลังดูดฝุ่น, - ไม่พบวัตถุดิบบนพื้นผิว, +1 พบวัตถุดิบบนพื้นผิวในระดับน้อย

** ตรวจสอบโปรตีนตกค้างด้วยชุดทดสอบ 3M Clean-Trace™ Surface Protein (Allergen), *** 0 ครั้งในการทดลอง 3 ครั้งที่ผลผ่าน, [1] ผลผ่าน คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีเขียว, [2] ไม่มีผลสรุปแน่ชัด คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีเทา, [3] ไม่ผ่าน คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีม่วง

4.3 ผลการดูดฝุ่นตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบด้วยเครื่องดูดฝุ่น

ผลการทำความสะอาดเครื่องร่อน ทั้งส่วนของตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบด้วยวิธีการใช้เครื่องดูดฝุ่น โดยดูดฝุ่นพื้นผิวที่มีการปนเปื้อนของวัตถุดิบ แป้งสาลี นมผง และ ไข่ขาวผง ด้วยเครื่องดูดฝุ่น กำลังมอเตอร์ 3600 วัตต์ และหัวดูดแบบแปรงกลม ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน ให้ผลดังตารางที่ 4.4 และ 4.5

จากตารางที่ 4.4 ทำการดูดฝุ่นบนตะแกรงร่อนที่ระยะเวลา 1 5 และ 10 นาที เมื่อตรวจสอบด้วยสายตา พบว่าวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด มีฝุ่นติดค้างบนตะแกรงร่อนเล็กน้อย และตรวจพบโปรตีนบนพื้นผิวทุกตัวอย่าง โดยแป้งสาลีพบว่าที่ระยะเวลาดูดฝุ่น 5 และ 10 นาที นมผงที่ระยะเวลาดูดฝุ่น 1 นาที และไข่ขาวระยะเวลาดูดฝุ่น 10 นาทีสามารถกำจัดวัตถุดิบได้ดีที่สุด แต่พื้นผิวมีโปรตีนตกค้างมากกว่า 3 ไมโครกรัมควรทำความสะอาดใหม่ เนื่องจากแป้งสาลีลักษณะผงละเอียดมาก ไม่ดูดความชื้นแต่จับกันเป็นก้อนได้ ทำให้อุดตันรูตะแกรงร่อน(40 เมช) ซึ่งมีรูเปิดขนาดเล็กมาก (0.42 มิลลิเมตร) ส่วนนมผงลักษณะเป็นผงร่วนและมีความสามารถในการดูดความชื้น เมื่อเพิ่มเวลาดูดฝุ่นนานขึ้นทำให้นมผงซึ่งอาจติดที่ปลายขนแปรงละลายเนื่องจากมีการสัมผัสอากาศเป็นเวลานานและเกาะติดตะแกรงมากขึ้นตามการเคลื่อนที่ของหัวแปรง และไข่ขาวลักษณะเป็นผงละเอียดมากน้ำหนักเบา จับกันเป็นก้อนเล็กๆ สามารถเข้าไปแทรกในช่องว่างตะแกรง จึงต้องใช้เวลานานในการดูดฝุ่น เพื่อกำจัดออกจากพื้นผิว

ตารางที่ 4.4 ผลการตรวจสอบการทำความสะอาดพื้นผิวตะแกรงร่อนหลังการดูดฝุ่น

วัตถุดิบ	เวลาดูดฝุ่น (นาที)	ผลตรวจสอบด้วยสายตาหลังดูดฝุ่น*	ผลการตรวจสอบโปรตีนตกค้างบนพื้นผิว** จำนวนผลที่ได้/จำนวนทดสอบทั้งหมด		
			ผลผ่าน[1]	ไม่มีผลสรุปแน่ชัด[2]	ไม่ผ่าน[3]
แป้งสาลี	1	+2	0/3***	2/3	1/3
	5	+1	0/3	3/3	0/3
	10	+1	0/3	3/3	0/3
นมผง	1	+1	0/3	3/3	0/3
	5	+1	0/3	1/3	2/3
	10	+1	0/3	0/3	3/3
ไข่ขาวผง	1	+1	0/3	1/3	2/3
	5	+1	0/3	0/3	3/3
	10	+1	0/3	2/3	1/3

หมายเหตุ : *ตรวจสอบด้วยสายตาหลังดูดฝุ่น, - ไม่พบวัตถุดิบบนพื้นผิว, +1 พบวัตถุดิบบนพื้นผิวในระดับน้อย, +2 พบวัตถุดิบบนพื้นผิวในระดับปานกลาง,** ตรวจสอบโปรตีนตกค้างด้วยชุดทดสอบ 3M Clean-Trace™ Surface Protein (Allergen), *** 0 ครั้งในการทดลอง 3 ครั้ง ที่ผลผ่าน, [1] ผลผ่าน คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีเขียว, [2] ไม่มีผลสรุปแน่ชัด คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีเทา, [3] ไม่ผ่าน คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีม่วง

ตารางที่ 4.5 ผลการตรวจสอบการทำความสะอาดพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบหลังการดูดฝุ่น

วัตถุดิบ	เวลาดูดฝุ่น (นาที)	ผลตรวจสอบด้วยสายตาหลังดูดฝุ่น*	ผลการตรวจสอบโปรตีนตกค้างบนพื้นผิว** จำนวนผลที่ได้/จำนวนทดสอบทั้งหมด		
			ผลผ่าน[1]	ไม่มีผลสรุปแน่ชัด[2]	ไม่ผ่าน[3]
แป้งสาลี	1	-	3/3***	0/3	0/3
	3	-	3/3	0/3	0/3
	5	-	3/3	0/3	0/3
นมผง	1	-	1/3	2/3	0/3
	3	-	1/3	0/3	2/3
	5	-	0/3	2/3	1/3
ไข่ขาวผง	1	-	0/3	2/3	1/3
	3	-	0/3	0/3	3/3
	5	-	0/3	0/3	3/3

หมายเหตุ : : *ตรวจสอบด้วยสายตาหลังดูดฝุ่น, - ไม่พบวัตถุดิบบนพื้นผิว, ** ตรวจสอบโปรตีนตกค้างด้วยชุดทดสอบ 3M Clean-Trace™ Surface Protein (Allergen), *** 3 ครั้งในการทดลอง 3 ครั้ง ที่ผลผ่าน, [1] ผลผ่าน คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีเขียว, [2] ไม่มีผลสรุปแน่ชัด คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีเทา, [3] ไม่ผ่าน คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีม่วง

จากตารางที่ 4.5 ผลการทำความสะอาดถาดรับวัตถุดิบด้วยวิธีการดูดฝุ่นด้วยระยะเวลาที่ต่างกัน เมื่อตรวจสอบด้วยสายตาหลังการดูดฝุ่น ไม่พบฝุ่นติดบนถาดรับวัตถุดิบ และการดูดฝุ่น

แป้งสาลี ที่ระยะเวลา 1 3 และ 5 นาที ให้ผลไม่แตกต่างกัน สามารถกำจัดโปรตีนตกค้างบนพื้นผิวได้ เนื่องจากแป้งสาลีไม่ดูดความชื้น ไม่เกาะพื้นผิวสแตนเลสทำให้สามารถกำจัดออกได้ง่าย ส่วนการดูดฝุ่นนมผงและไข่ขาวผง ไม่สามารถกำจัดวัตถุดิบได้หมด ยังคงมีโปรตีนตกค้างบนถาด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Lauren และ Fadwa (2010) พบว่าการดูดฝุ่นสามารถกำจัดวัตถุดิบนมผงและไข่ผงได้ แต่ไม่สามารถกำจัดโปรตีนตกค้างได้หมดจากพื้นผิว นมผงที่ระยะเวลาดูดฝุ่น 1 นาที สามารถกำจัดโปรตีนได้มากที่สุด เนื่องจากวัตถุดิบ ดูดความชื้นได้เร็ว เมื่อระยะเวลาดูดฝุ่นนานขึ้นทำให้นมผงซึ่งติดที่ปลายขนแปรงละลายและเกาะติดพื้นผิว กระจายทั่วถาดตามการเคลื่อนที่ของหัวแปรง ส่วนไข่ขาวผง ระยะเวลาดูดฝุ่นที่ดีที่สุด คือ 1 นาที เนื่องจากไข่ขาวผง มีลักษณะผงละเอียดมาก น้ำหนักเบา จับกันเป็นกลุ่มก้อนเล็กๆ ไม่เกาะพื้นผิวเรียบ ทำให้ดูดฝุ่นออกได้ง่าย เมื่อดูดฝุ่นนานขึ้นทำให้ไข่ผงซึ่งติดที่ปลายขนแปรงกระจายไปทั่วถาด จึงทำให้ตรวจพบโปรตีนตกค้าง

4.4 ผลของการเช็ดพื้นผิวสแตนเลสถาดรับวัตถุดิบด้วยเอทานอล

จากการทดลองทำความสะอาดเครื่องร่อนในส่วนของถาดรับวัตถุดิบ ซึ่งเป็นพื้นผิวสแตนเลสเรียบ ด้วยการเช็ดด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน เพื่อกำจัดวัตถุดิบสารก่อภูมิแพ้ แป้งสาลี นมและไข่ขาวผง ให้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการตรวจสอบการทำความสะอาดพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบหลังการเช็ดด้วยเอทานอล

วัตถุดิบ	ความเข้มข้นเอทานอล (เปอร์เซ็นต์)	ผลการตรวจด้วยสายตาหลังเช็ด*	ผลการตรวจสอบโปรตีนตกค้างบนพื้นผิว** จำนวนผลที่ได้/จำนวนทดสอบทั้งหมด		
			ผลผ่าน[1]	ไม่มีผลสรุปแน่ชัด[2]	ไม่ผ่าน[3]
แป้งสาลี	20	-	0/4***	4/4	0/4
	50	-	4/4	0/4	0/4
	70	-	4/4	0/4	0/4
นมผง	20	-	1/4	3/4	0/4
	50	-	0/4	4/4	0/4
	70	-	0/4	4/4	0/4
ไข่ขาวผง	20	-	1/4	3/4	0/4
	50	-	0/4	3/4	1/4
	70	-	0/4	0/4	4/4

หมายเหตุ : *ตรวจสอบด้วยสายตาหลังดูดฝุ่น, - ไม่พบวัตถุดิบบนพื้นผิว, ** ตรวจสอบโปรตีนตกค้างด้วยชุดทดสอบ 3M Clean-Trace™ Surface Protein (Allergen), *** 3 ครั้งในการทดลอง 3 ครั้ง ที่ผลผ่าน, [1] ผลผ่าน คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีเขียว, [2] ไม่มีผลสรุปแน่ชัด คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีเทา, [3] ไม่ผ่าน คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีม่วง

ผลการทำความสะอาดถาดรับวัตถุดิบด้วยการเช็ดด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เพื่อกำจัดสารก่อภูมิแพ้อาหาร ได้แก่ แป้งสาลี นม และไข่ขาว ดังตารางที่ 4.6 เมื่อตรวจสอบด้วยสายตา

หลังเช็ดถาดรับวัตถุดิบด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้น 20 50 และ 70 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรไม่พบฝุ่นหรือคราบวัตถุดิบบนพื้นผิว พบว่าการใช้เอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 70 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร สามารถเช็ดแป้งสาลีออกได้หมด และตรวจไม่พบโปรตีนตกค้าง เนื่องจากแป้งสาลีไม่เกาะติดพื้นผิวการละลายน้ำต่ำและโปรตีนในแป้งสาลีสามารถละลายในแอลกอฮอล์ได้ที่ระดับความเข้มข้น 50-90 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549) นมผงและไข่ผง พบว่าที่ความเข้มของแอลกอฮอล์ 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร สามารถกำจัดสารโปรตีนได้มากกว่าความเข้มข้นสูง แต่ไม่สามารถกำจัดได้หมด เนื่องจากฝุ่นนมผงและไข่ผงที่เกาะอยู่บนพื้นผิวหลังกวาดละลายน้ำได้ โปรตีนในวัตถุดิบนมและไข่ สามารถละลายน้ำได้ (Nikoleiski, 2015) และนอกจากนี้ยังพบว่า โปรตีนเมื่อได้รับแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ จะทำให้โปรตีนตกตะกอน เนื่องจากโปรตีนไม่ละลายในสารเหล่านี้ (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552) และแอลกอฮอล์สามารถตกตะกอนโปรตีนได้เนื่องจาก มีค่า dielectric constant ต่ำ จึงไปลดความสามารถในการทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายของน้ำได้ (อาภัสสรา ชมิดท์, 2543) ทำให้โปรตีนนมและไข่ละลายน้ำได้น้อยลง ตกตะกอน ส่งผลให้กำจัดออกไปจากพื้นผิวได้ไม่หมด โดยเอทานอลที่ความเข้มข้นสูงขึ้นอาจทำให้ความสามารถในการละลายน้ำลดลงมากขึ้น จึงทำให้กำจัดออกได้ยากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Lauren และ Fadwa (2010) รายงานว่าการเช็ดด้วยสารผสมแอลกอฮอล์ ที่ระดับความเข้มข้น 5.48 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และควอท สามารถกำจัดสารก่อภูมิแพ้นมและไข่ ออกจากพื้นผิวสแตนเลสได้

4.5 ผลของการดูดฝุ่นร่วมกับการเช็ดด้วยเอทานอลบนถาดรับวัตถุดิบ

เมื่อทำความสะอาดพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบด้วยการดูดฝุ่นและการเช็ดด้วยเอทานอลร่วมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาด ร่อนวัตถุดิบ แป้งสาลี นมผง และไข่ขาวผง ด้วยเครื่องร่อน จากนั้นทำความสะอาดพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบด้วยการดูดฝุ่นที่ระยะเวลา 1 นาที แล้วตามด้วยการเช็ดด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ผลดังตารางที่ 4.7

จากตารางที่ 4.7 พบว่าเมื่อตรวจสอบหลังการทำความสะอาดแล้ว ด้วยสายตาพบว่าไม่มีฝุ่นหรือคราบวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดบนพื้นผิว ผลการตรวจสอบโปรตีนตกค้างบนพื้นผิวพบว่า แป้งสาลีให้ผลผ่านทั้งหมด ส่วนนมและไข่ขาว ให้ผลผ่านมากขึ้นกว่าการทำความสะอาดด้วยวิธีเดียว และจากตารางที่ 4.8 ซึ่งเปรียบเทียบผลของการทำความสะอาดส่วนถาดรับวัตถุดิบทั้ง 3 วิธีการ ได้แก่ การดูดฝุ่นที่เวลา 1 นาที การเช็ดเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และ การดูดฝุ่นร่วมกับการเช็ดด้วยเอทานอล พบว่าการทำความสะอาดพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบด้วยวิธีการร่วมกันโดยการดูดฝุ่นแล้วตามด้วยการเช็ดเอทานอลนั้น สามารถกำจัดโปรตีนตกค้างบนถาดรับวัตถุดิบได้ดีกว่าการดูดฝุ่นและการเช็ดเอทานอลเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง เนื่องจากการดูดฝุ่นช่วยกำจัดฝุ่นบนพื้นผิวถาดออกได้มาก ทำให้เมื่อเช็ดด้วยเอทานอล มีวัตถุดิบติดพื้นผิวน้อย จึงเช็ดออกได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ

รายงานของ Middleton และคณะ (2003) รายงานว่า การปัดกวาดหรือการดูดฝุ่น ไม่สามารถกำจัดสิ่งสกปรกได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ต้องมีการเช็ดตามเพื่อเพิ่มการกำจัดสิ่งสกปรกบนพื้นผิวได้มากขึ้น จากผลการทดลอง เลือกใช้วิธีการดูดฝุ่นที่เวลา 1 นาที ร่วมกับการเช็ดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มาใช้ในการทำความสะอาดพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบต่อไป

ตารางที่ 4.7 ผลการตรวจสอบการทำความสะอาดพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบ หลังการดูดฝุ่นและเช็ดด้วยเอทานอล ที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

วัตถุดิบ	ผลตรวจสอบด้วยสายตาหลังเช็ด*	ผลการตรวจสอบโปรตีนตกค้างบนพื้นผิว** จำนวนผลที่ได้/จำนวนทดสอบทั้งหมด		
		ผลผ่าน[1]	ไม่มีผลสรุปแน่ชัด[2]	ไม่ผ่าน[3]
แป้งสาลี	-	3/3***	0/3	0/3
นมผง	-	2/3	1/3	0/3
ไข่ขาวผง	-	2/3	1/3	0/3

หมายเหตุ : *ตรวจสอบด้วยสายตาหลังดูดฝุ่น, - ไม่พบวัตถุดิบบนพื้นผิว, ** ตรวจสอบโปรตีนตกค้างด้วยชุดทดสอบ 3M Clean-Trace™ Surface Protein (Allergen), *** 3 ครั้งในการทดลอง 3 ครั้ง ที่ผลผ่าน, [1] ผลผ่าน คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีเขียว, [2] ไม่มีผลสรุปแน่ชัด คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีเทา, [3] ไม่ผ่าน คือ สารละลายในหลอดทดสอบเป็นสีม่วง

ตารางที่ 4.8 ผลการทำความสะอาดพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบด้วยวิธีการต่างๆ

วัตถุดิบ	จำนวนผลการตรวจสอบที่ผ่าน*/จำนวนทดสอบทั้งหมด		
	ดูดฝุ่นที่ 1 นาที	เช็ดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร	ดูดฝุ่น 1 นาที แล้วเช็ดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร
แป้งสาลี	3/3	3/3	3/3
นมผง	1/3	0/3	2/3
ไข่ขาวผง	0/3	0/3	2/3

หมายเหตุ : * ผลผ่าน คือ ปริมาณโปรตีนตกค้างบนพื้นผิวน้อยกว่า 3 ไมโครกรัม

4.6 ผลของการทำความสะอาดเครื่องร่อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตจริง

หลังจากที่ได้วิธีการทำความสะอาดเครื่องร่อนที่เหมาะสมแล้ว จึงนำมาทดลองใช้ในกระบวนการผลิตจริง โดยเริ่มจากการตรวจสอบปริมาณฝุ่นผงวัตถุดิบที่ตกค้างบนพื้นผิวตะแกรงร่อน และถาดรับวัตถุดิบ แล้วตรวจสอบประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นในแต่ละขั้นตอน

จากการตรวจสอบปริมาณผงวัตถุดิบที่ติดค้างบนพื้นผิวเครื่องร่อนตามวิธีการในข้อ 3.1.1 พบว่าหลังจากดูดฝุ่นด้วยระยะเวลา 1 นาที ยังคงมีฝุ่นผงวัตถุดิบติดอยู่ที่พื้นผิวทั้งสองส่วนในปริมาณน้อย

มาก ดังตารางที่ 4.9 โดยพบว่าการดูดฝุ่นช่วยลดปริมาณวัตถุดิบที่ติดค้างบนพื้นผิว ตะแกรงร่อน และพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบลงได้มาก โดยในส่วนตะแกรงร่อนพบว่าการดูดฝุ่น แป้งสาลี ลดลงได้ 77.50 เปอร์เซ็นต์ นมผง ลดลงได้ 80.37 เปอร์เซ็นต์ และ ไข่ขาวผง ลดลงได้ 38.46 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถาดรับวัตถุดิบ การดูดฝุ่นลดปริมาณวัตถุดิบ แป้งสาลีได้ 46.52 เปอร์เซ็นต์ นมผงได้ 60.40 เปอร์เซ็นต์ และ ไข่ขาวผงได้ 44.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำไปหาค่าเฉลี่ยของปริมาณผงวัตถุดิบระหว่างก่อนดูดฝุ่นและหลังดูดฝุ่นทั้งส่วนตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบ พบว่าการดูดฝุ่นบนพื้นผิวเครื่องร่อนทั้งสองส่วนสามารถทำให้ปริมาณผงวัตถุดิบทุกชนิดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของถาดรับวัตถุดิบ พบว่า การเช็ดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร หลังจากที่ดูดฝุ่นแล้ว สามารถกำจัดฝุ่นวัตถุดิบทั้ง 3 รายการได้ 100 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.9 ปริมาณผงวัตถุดิบบนพื้นผิวเครื่องร่อนหลังจากการดูดฝุ่น

เครื่องร่อน	วัตถุดิบ	ปริมาณวัตถุดิบตกค้างบนพื้นผิว[1] (%การลดลง) (กรัม) บนพื้นผิว 100 ตารางเซนติเมตร		
		ก่อนดูดฝุ่น	หลังดูดฝุ่น (%การลดลงหลังการดูดฝุ่น)	หลังเช็ด (%การลดลงหลังเช็ด)
ตะแกรงร่อน	แป้งสาลี	0.0203 ± 0.0051^{a}	0.0046 ± 0.0051^{b} (77.50)	-
	นมผง	0.0054 ± 0.0011^{a}	0.0011 ± 0.0002^{b} (80.37)	-
	ไข่ขาวผง	0.0069 ± 0.0003^{a}	0.0043 ± 0.0005^{b} (38.46)	-
ถาดรับวัตถุดิบ	แป้งสาลี	0.0062 ± 0.0013^{a}	0.0033 ± 0.0005^{b} (46.52)	ND[2] (100)
	นมผง	0.0034 ± 0.0004^{a}	0.0013 ± 0.0004^{b} (60.40)	ND (100)
	ไข่ขาวผง	0.0065 ± 0.0019^{a}	0.0036 ± 0.0009^{b} (44.39)	ND (100)

หมายเหตุ : แสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน , $^{a-b}$ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$), [1] ค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากการทดลอง 3 ซ้ำ , [2] ND หมายถึง ตรวจไม่พบ (Not detected) ด้วยวิธีการตามข้อ 3.1.1,

%การลดลงหลังดูดฝุ่น = 100-(100-ปริมาณวัตถุดิบบนพื้นผิวหลังดูดฝุ่น)/ปริมาณวัตถุดิบบนพื้นผิวก่อนดูดฝุ่น

%การลดลงหลังเช็ด = 100-(100-ปริมาณวัตถุดิบบนพื้นผิวหลังเช็ด)/ปริมาณวัตถุดิบบนพื้นผิวหลังดูดฝุ่น

จากนั้นนำวิธีการทำความสะอาดเครื่องร่อนทั้งส่วนตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบที่เหมาะสมมาทำการทดลองโดยการร่อนวัตถุดิบในกระบวนการผลิตสินค้าจริง ทำความสะอาดเครื่องร่อนด้วยสภาวะที่เหมาะสมกับวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด คือ ทำความสะอาดตะแกรงร่อนด้วยการดูดฝุ่นที่ระยะเวลา 1 นาที และทำความสะอาดถาดรับวัตถุดิบด้วย การดูดฝุ่น ที่ระยะเวลา 1 นาที แล้วเช็ดเอทานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เก็บตัวอย่างพื้นผิวตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบหลังการทำความสะอาด และตรวจสอบหาปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ตกค้างบนพื้นผิว ได้ผลดังตารางที่ 4.10

จากตารางที่ 4.10 ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ตกค้างบนพื้นผิวหลังการทำความสะอาดเครื่องร่อน พบการตกค้างของสารก่อภูมิแพ้บนพื้นผิวตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบหลังการทำความสะอาดบนพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร โดยแป้งสาลีในรูปของไกลอะดินตกค้างบนผิวตะแกรงร่อน และบนถาดวัตถุดิบ 1.42 และ 5.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ppm) ตามลำดับ คิดเป็น 27.87 และ 141.58 มิลลิกรัม/กิโลกรัมบนพื้นที่ผิวที่ทำความสะอาด ตามลำดับ สารก่อภูมิแพ้ในนมพบมีการตกค้างบนตะแกรงร่อนและบนถาดวัตถุดิบ 2.69 และ0.26 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ คิดเป็น 52.79 และ 7.35 มิลลิกรัม/กิโลกรัมบนพื้นที่ผิวที่ทำความสะอาด ตามลำดับ ส่วนสารก่อภูมิแพ้ในไข่ขาวตกค้างบนผิวตะแกรงร่อนและบนถาดวัตถุดิบ 1.70 และ1.43 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ คิดเป็น 33.36 และ 40.41 มิลลิกรัม บนพื้นที่ผิวที่ทำความสะอาด ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในแป้งสาลี นมผง และไข่ขาวผง ที่ตกค้างบนพื้นผิวตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบหลังการทำความสะอาดเครื่องร่อน

วัตถุดิบ	ส่วนของเครื่องร่อน	วิธีการทำความสะอาด	ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ตรวจพบ(มิลลิกรัม)	
			บนพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร	บนพื้นที่ทำความสะอาด
แป้งสาลี	ตะแกรงร่อน[1]	การดูดฝุ่น	1.42	27.87
	ถาดรับวัตถุดิบ[2]	การดูดฝุ่น และเช็ดเอทานอล	5.01	141.58
นม	ตะแกรงร่อน[1]	การดูดฝุ่น	2.69	52.79
	ถาดรับวัตถุดิบ[2]	การดูดฝุ่น และเช็ดเอทานอล	0.26	7.35
ไข่ขาว	ตะแกรงร่อน[1]	การดูดฝุ่น	1.70	33.36
	ถาดรับวัตถุดิบ[2]	การดูดฝุ่น และเช็ดเอทานอล	1.43	40.41

หมายเหตุ : [1] ตะแกรงร่อนมีพื้นที่ผิวขนาด 1,962.5 ตารางเซนติเมตร, [2]ส่วนถาดรับวัตถุดิบ มีพื้นที่ผิวขนาด 2,826.0 ตารางเซนติเมตร

จากนั้นทำความสะอาดเครื่องร่อนทั้งส่วนของตะแกรงร่อนและถาดรับวัตถุดิบ ตามวิธีการที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษา เปรียบเทียบวิธีการทำความสะอาดของโรงงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันคือ การล้างด้วยน้ำและสารทำความสะอาด โทแพค 75 ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และขัดถูด้วยฟองน้ำทั้งสองส่วน ทำการตรวจสอบสารก่อภูมิที่ตกค้างบนพื้นผิว ให้ผลดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบผลการทำความสะอาดเครื่องร่อนด้วยการล้างน้ำและสารทำความสะอาดและการดูดฝุ่นร่วมกับการเช็ดด้วยเอทานอลบนพื้นผิวเครื่องร่อน

ส่วนของเครื่องร่อน	วัตถุดิบ	ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ตรวจพบบนพื้นผิว 100 ตารางเซนติเมตร (มิลลิกรัม)	
		การล้างน้ำและสารทำความสะอาด[1]	การดูดฝุ่นร่วมกับการเช็ดเอทานอล[2]
ตะแกรงร่อน	แป้งสาลี	< 5	1.42
	นมผง	< 3	2.69
	ไข่ขาวผง	< 1	1.70
ถาดรับวัตถุดิบ	แป้งสาลี	< 5	5.01
	นมผง	< 3	0.26
	ไข่ขาวผง	< 1	1.43

หมายเหตุ : [1] ตรวจวิเคราะห์ด้วยชุดทดสอบแบบ Lateral flow ได้แก่ 3M Gluten Protein Rapid Test (LOD = 5 ppm), 3M Bovine Total Milk Protein Rapid Test (LOD = 3 ppm) และ Bioavid Lateral Flow Test Egg (LOD = 1 ppm), [2] ตรวจวิเคราะห์ด้วยชุดทดสอบแบบ ELISA

จากตารางที่ 4.11 พบว่าผลการทำความสะอาดเครื่องร่อนด้วยวิธีการข้างต้นนี้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการที่ใช้ในปัจจุบัน พบว่า การล้างด้วยน้ำและสารทำความสะอาดโทแพค 75 ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และขัดถูด้วยฟองน้ำทั้งสองส่วน สามารถกำจัดสารก่อภูมิแพ้ทั้งสามชนิด ได้แก่ แป้งสาลี นมและไข่ขาวได้น้อยกว่าค่าต่ำสุดของการตรวจวิเคราะห์ โดยตรวจไม่พบสารก่อภูมิแพ้ตกค้างบนพื้นผิว ส่วนการทำความสะอาดเครื่องร่อนด้วยวิธีการที่ได้จากการศึกษา คือ การดูดฝุ่นร่วมกับการเช็ดเอทานอล พบว่าสามารถกำจัดสารก่อภูมิแพ้ทั้งสามชนิด ได้แก่ แป้งสาลี นมและไข่ขาวได้เช่นเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของวิธีการทำความสะอาดทั้ง 2 วิธี ดังตารางที่ 4.12 พบว่าการล้างน้ำและสารทำความสะอาด ในระหว่างการผลิตนั้นต้องใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ในการล้างทำความสะอาดและทำแห้งเครื่องจักร รวมถึงพื้นที่ผลิตก่อนการใช้งาน ส่วนการดูดฝุ่นร่วมกับการเช็ดเอทานอลใช้เวลาในการทำความสะอาดไม่เกิน 20 นาที สำหรับการถอดเครื่องทำความสะอาดและประกอบเครื่องให้พร้อมใช้งาน ซึ่งช่วยให้ประหยัดเวลาในการทำความสะอาด ลดค่าใช้จ่ายสำหรับน้ำล้างและสารทำความสะอาด ลดโอกาสเกิดอุบัติเหตุจากการลื่น และยังมีส่วนช่วยให้กำลังการผลิตของโรงงานเพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 4. 12 ข้อดี ข้อเสียของวิธีการทำความสะอาดด้วยการล้างน้ำและสารทำความสะอาดกับวิธีการดูดฝุ่นร่วมกับการเช็ดเอทานอล

รายการ	การล้างน้ำและสารทำความสะอาด	การดูดฝุ่นร่วมกับการเช็ดเอทานอล
1.ประสิทธิภาพ	กำจัดสารก่อภูมิแพ้ได้หมด	ลดปริมาณสารก่อภูมิแพ้ได้
2.ค่าใช้จ่าย	ค่าน้ำและสารทำความสะอาด	ค่าไฟฟ้าและเอทานอล
3.ระยะเวลาที่ใช้	1 ชั่วโมงในการล้างและเป่าแห้ง	20 นาที ในการดูดฝุ่นและเช็ด
4.ของเสีย	น้ำล้าง และกระดาษเช็ดแห้ง	กระดาษเช็ดแห้ง
5.โอกาสเกิดอุบัติเหตุ	มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุจากการลื่น	ไม่มี

จากการทดลองการทำความสะอาดแบบแห้ง โดยการดูดฝุ่นและการเช็ดด้วยแอลกอฮอล์นี้ พบว่าสามารถกำจัดสารก่อภูมิแพ้ ชนิด แป้งสาลี นมผง และ ไข่ผงได้ ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Jackson and Fadwa (2010) ซึ่งพบว่า การเช็ดด้วย สารผสมควอทกับ แอลกอฮอล์ (alcohol)สามารถกำจัดสารก่อภูมิแพ้ชนิดต่างๆที่ทำการทดลองได้ดีกว่า ส่วนการดูดฝุ่นนั้น พบว่าหลังทำความสะอาดผลการตรวจสอบด้วย ELISA test kit ยังพบว่ามีสารตกค้างบนพื้นผิว และงานวิจัยของ Holah (2014) ได้รายงานว่าการทำความสะอาดด้วยการดูดฝุ่นมีประสิทธิภาพดีที่สุดสำหรับการกำจัดสิ่งสกปรกที่แห้ง และป้องกันการกระจายตัวของสิ่งสกปรกไม่ให้ปนเปื้อนไปยังที่อื่นได้ดี

4.7 การตรวจสอบการปนเปื้อนสารก่อภูมิแพ้ไปยังสินค้าอื่นที่ใช้เครื่องร่อนเดียวกัน

เมื่อมีการตรวจสอบปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ตกค้างบนเครื่องร่อนหลังจากการทำความสะอาดด้วยวิธีที่คัดเลือกมาจากการทดลองข้างต้นแล้ว จากนั้นทำการทวนสอบผล ด้วยการร่อนวัตถุดิบที่ไม่มีสารก่อภูมิแพ้ชนิดเดียวกันด้วยเครื่องร่อนเดียวกันที่ผ่านการทำความสะอาดตามที่กำหนด แล้วสุ่มตัวอย่างวัตถุดิบที่ร่อนไปตรวจสอบหาปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ปนเปื้อนจากวัตถุดิบก่อนหน้า โดยตรวจพบสารก่อภูมิแพ้ ในวัตถุดิบที่ร่อนต่อไป ปริมาณน้อย คือ ต่ำกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีผลการตรวจสอบดังตารางที่ 4.13

จากตารางที่ 4.13 ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ตรวจพบในวัตถุดิบที่ร่อนด้วยเครื่องร่อนเดียวกันที่ผ่านการทำความสะอาดตามวิธีที่ได้จากการศึกษา โดยตะแกรงร่อน ทำความสะอาดด้วยการดูดฝุ่นที่ระยะเวลา 1 นาที ส่วน ถาดรับวัตถุดิบทำความสะอาดด้วยการดูดฝุ่นที่ระยะเวลา 1 นาทีแล้วตามด้วยการเช็ดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรนั้น พบว่า มีสารก่อภูมิแพ้จากวัตถุดิบก่อนหน้าปนเปื้อนไปในวัตถุดิบตัวถัดไป ในปริมาณที่ต่ำกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 4.13 ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ปนเปื้อนในวัตถุดิบที่ใช้เครื่องร่อนเดียวกัน

สารก่อภูมิแพ้	วัตถุดิบที่ใช้ทดสอบการปนเปื้อน	ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ตรวจพบในวัตถุดิบที่ใช้เครื่องร่อนเดียวกัน* (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่มีในผลิตภัณฑ์** (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ไกลอะดินจากแป้งสาลี	แป้งข้าวเจ้า	3.01	0.100
นมจากนมผง	แป้งสาลี	6.01	0.200
ไข่ จากไข่ขาวผง	แป้งข้าวโพด	4.94	0.164

หมายเหตุ : * วัตถุดิบที่ร่อนด้วยเครื่องเดียวกัน จำนวน 10 กิโลกรัม , **ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจำนวน 300 กิโลกรัม

สารก่อภูมิแพ้กลูเตนจากแป้งสาลี ปนเปื้อนไปในแป้งข้าวเจ้าปริมาณ 3.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำแป้งข้าวเจ้านี้ไปเป็นส่วนผสมในสินค้าอย่างน้อย 300 กิโลกรัม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลูเตนจากแป้งสาลี ปริมาณ 0.100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อพิจารณาประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 384) พ.ศ. 2560 เรื่อง การแสดงฉลากอาหารไม่มีกลูเตน ระบุปริมาณกลูเตนทั้งหมดในผลิตภัณฑ์สุดท้าย ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2560) และเปรียบเทียบจากข้อกำหนดของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งกำหนดให้ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (Shoji, Adashi and Akiyama, 2018) พบว่าปริมาณไกลอะดินที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์นี้ ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด สามารถแสดงฉลากอาหารไม่มีกลูเตน(gluten free)ได้ และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

สารก่อภูมิแพ้นมจากวัตถุดิบนมผง ปนเปื้อนในแป้งสาลีที่ร่อนด้วยเครื่องร่อนเดียวกันในปริมาณที่ตรวจพบได้ 6.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำแป้งสาลีไปเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อย่างน้อย 300 กิโลกรัม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสารก่อภูมิแพ้นม ปริมาณ 0.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจากปริมาณที่กำหนดของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งกำหนดให้ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (Shoji, Adashi and Akiyama, 2018) และค่าแนะนำจาก The European Academy of Allergy and Clinical Immunology (EAACI) ได้แก่ นม 1-10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในอาหารที่บริโภค 100 กรัม (Walker และคณะ, 2016) พบว่าปริมาณสารก่อภูมิแพ้นมที่มีในผลิตภัณฑ์ มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

สารก่อภูมิแพ้ไข่จากวัตถุดิบไข่ขาวผง ปนเปื้อนในแป้งข้าวโพดในปริมาณ 4.94 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อนำแป้งสาลีไปเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อย่างน้อย 300 กิโลกรัม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสารก่อภูมิแพ้นม ปริมาณ 0.164 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจากปริมาณที่กำหนดของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งกำหนดให้ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ไม่เกิน 10มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (Shoji, Adashi and Akiyama, 2018) และค่าแนะนำจาก The European Academy of Allergy and Clinical Immunology (EAACI) ได้แก่ ไข่ที่ปริมาณ 0.3 – 5.0

มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในอาหารที่บริโภค 100 กรัม (Walker และคณะ, 2016) พบว่าปริมาณสารก่อภูมิแพ้ไข่ที่มีในผลิตภัณฑ์ มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

จากผลการตรวจสอบการปนเปื้อนสารก่อภูมิแพ้ไปยังสินค้าอื่นที่ใช้เครื่องร่อนเดียวกัน แสดงให้เห็นว่า การทำความสะอาดเครื่องร่อนโดยการดูดฝุ่นตะแกรงร่อน ที่ระยะเวลา 1 นาทีและการดูดฝุ่นร่วมกับการเช็ดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร สำหรับถาดรับวัตถุดิบนั้น สามารถกำจัดสารก่อภูมิแพ้ ได้แก่ แป้งสาลี นมผงและไข่ขาวผง บนเครื่องร่อน ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคได้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาวิธีการทำความสะอาดเครื่องร่อนแบบสั่นด้วยการใช้เครื่องดูดฝุ่น พบว่า การใช้เครื่องดูดฝุ่นกำลัง 3600 วัตต์ (1200 x 3 มอเตอร์) ที่มีกำลังมอเตอร์สูงกว่าสามารถกำจัดฝุ่นและโปรตีนตกค้างออกจากพื้นผิวได้ดีกว่าเครื่อง 1200 วัตต์ ซึ่งมีกำลังต่ำกว่า การใช้หัวดูดแบบแปรงกลมและแบบหัวตัดสำหรับดูดซอก สามารถกำจัดฝุ่นได้ไม่แตกต่างกัน

จากการศึกษาการทำความสะอาดเครื่องร่อนสแตนเลส ด้วยเครื่องดูดฝุ่นกำลัง 3600 วัตต์ หัวดูดแบบแปรงกลม เพื่อกำจัดสารก่อภูมิแพ้อาหารชนิด แป้งสาลี นมผง และไข่ขาวผง พบว่า การดูดฝุ่นตะแกรงร่อน ระยะเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดวัตถุดิบสารก่อภูมิแพ้อาหารแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน โดยแป้งสาลี นมผงและไข่ขาวผง เหมาะกับการดูดฝุ่นที่ระยะเวลา 5 – 10 นาที 1 นาที และ 10 นาที ตามลำดับ ส่วนการดูดฝุ่นถาดรับวัตถุดิบซึ่งเป็นพื้นผิวเสแตนเลสเรียบ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดวัตถุดิบสารก่อภูมิแพ้อาหารแต่ละชนิดเหมือนกัน โดยแป้งสาลี นมผงและไข่ขาวผง เหมาะกับการดูดฝุ่นที่ระยะเวลา 1 นาที

จากการศึกษาวิธีการทำความสะอาดถาดรับวัตถุดิบด้วยการเช็ดด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้น 20 50 และ 70 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เพื่อกำจัดสารก่อภูมิแพ้อาหารชนิด แป้งสาลี นมผง และไข่ขาวผง พบว่า ความเข้มข้นของเอทานอลที่เหมาะสมต่อการกำจัดสารก่อภูมิแพ้จากวัตถุดิบต่างกัน โดยแป้งสาลี นมผง และ ไข่ขาวผง เหมาะกับการทำความสะอาดโดยการใช้เอทานอลที่ระดับความเข้มข้นที่ 50-70 20 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ตามลำดับ

จากการศึกษาวิธีการทำความสะอาดถาดรับวัตถุดิบด้วยการดูดฝุ่นแล้วเช็ดด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เพื่อกำจัดสารก่อภูมิแพ้อาหารชนิด แป้งสาลี นมผง และไข่ขาวผง พบว่า วิธีการดังกล่าวสามารถกำจัดสารโปรตีนตกค้างบนพื้นผิวได้มากกว่าวิธีการทำความสะอาดด้วยการดูดฝุ่น หรือการเช็ดด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เพียงวิธีเดียว

การทำความสะอาดเครื่องร่อนแบบสั่น ในกระบวนการผลิตจริง ดำเนินการโดยการดูดฝุ่นบนตะแกรงร่อนด้วยเครื่องดูดฝุ่นกำลังสูงสุด 3600 วัตต์ หัวดูดแบบแปรงกลม ที่ระยะเวลา 1 นาที และบนพื้นผิวถาดรับวัตถุดิบ ทำความสะอาดด้วยการกวาดเศษวัตถุดิบออกจากพื้นผิวถาดแล้วทำการดูดฝุ่นด้วยเครื่องดูดฝุ่น ที่ระยะเวลา 1 นาทีแล้วตามด้วยการเช็ดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร พบว่า การดูดฝุ่นส่วนของตะแกรงร่อนสามารถลดปริมาณผงวัตถุดิบ

แป้งสาลี นมผง และไข่ขาวผงที่ตกค้างบนพื้นผิวได้ 77.50 80.37 และ 38.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการดูดฝุ่นบนถาดรับวัตถุดิบ สามารถลดปริมาณผงวัตถุดิบแป้งสาลี นมผง และไข่ขาวผงที่ตกค้างบนพื้นผิวได้ 46.52 60.40 และ 44.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการเช็ดด้วยเอทานอล สามารถลดปริมาณผงวัตถุดิบจากพื้นผิวได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ตรวจพบสารก่อภูมิแพ้ตกค้างบนพื้นผิวเครื่องร่อน โดยไกลอะดินจากแป้งสาลี นมจากนมผง และไข่จากไข่ขาวผง ปริมาณ 169.45, 60.14 และ 73.77 มิลลิกรัม บนพื้นผิวที่ทำความสะอาดของเครื่องร่อน ตามลำดับ นำผลที่ได้เปรียบเทียบกับผลการทำความสะอาดของโรงงานวิธีปัจจุบัน คือ การล้างด้วยน้ำและสารทำความสะอาด พบว่าการล้างด้วยน้ำและสารทำความสะอาด สามารถกำจัดสารก่อภูมิแพ้ได้ทั้งหมด อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าขีดจำกัดของชุดทดสอบ (Limit of detection: LOD) บนพื้นที่ทดสอบ 100 ตารางเซนติเมตร ส่วนการทำความสะอาดด้วยการดูดฝุ่นและการเช็ดด้วยเอทานอลไม่สามารถกำจัดสารก่อภูมิแพ้ได้หมด แต่สามารถลดสารก่อภูมิแพ้ลงได้ โดยตรวจพบปริมาณสารก่อภูมิแพ้ แป้งสาลี นมและไข่ บนตะแกรงร่อน ปริมาณ 1.42 2.69 และ 1.70 มิลลิกรัม บนถาดรับวัตถุดิบตรวจพบปริมาณ 5.01 0.26 และ 1.43 มิลลิกรัม บนพื้นที่ทดสอบ 100 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

การทวนสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดเครื่องร่อน โดยนำวัตถุดิบชนิดอื่นมาร่อนต่อด้วยเครื่องร่อนเดียวกัน หลังจากการทำความสะอาด นำวัตถุดิบที่ร่อนแล้วนั้นไปเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ จะมีสารก่อภูมิแพ้ แป้งสาลี นมและไข่ขาว ปริมาณ 0.100, 0.200 และ 0.164 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีความปลอดภัยต่อการบริโภค วิธีการทำความสะอาดนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการทำความสะอาดเครื่องร่อนในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารแบบแห้งได้ ช่วยลดปริมาณการปนเปื้อนข้ามของสารก่อภูมิแพ้จากการใช้เครื่องจักรเดียวกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การทำความสะอาดเครื่องจักร เพื่อกำจัดสารก่อภูมิแพ้อาหารแต่ละชนิดอาจมีวิธีการที่เหมาะสมที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะวัตถุดิบ และลักษณะพื้นผิว เพราะฉะนั้น ต้องมีการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในกำจัดสารก่อภูมิแพ้อาหารก่อนการใช้งาน

5.2.2 การทำความสะอาดด้วยการดูดฝุ่น ควรพิจารณาศึกษาชนิดหัวดูดฝุ่น อาจมีการปรับลักษณะหัวดูด เพื่อให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานแต่ละประเภท รวมทั้งเครื่องดูดฝุ่นที่นำมาใช้งานเพื่อการทำความสะอาดเครื่องจักรเพื่อกำจัดสารก่อภูมิแพ้นี้ ควรมีระบบการกรองฝุ่นและอากาศที่ละเอียด ก่อนปล่อยออกสู่ภายนอก และต้องหมั่นทำความสะอาดเสมอ เพื่อมิให้เกิดการปนเปื้อนในสภาพแวดล้อมอื่นๆต่อไป

5.2.3 การเช็ดด้วยเอทานอล ควรพิจารณาทดลองใช้แอลกอฮอล์ที่ระดับความเข้มข้นอื่นๆที่เหมาะสมกับวัตถุดิบแต่ละชนิด หรือสารชนิดอื่นๆ เช่น ควอท เป็นต้น ซึ่งอาจมีคุณสมบัติในการกำจัดสารก่อภูมิแพ้บางชนิดได้

5.2.4 วิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำความสะอาด ควรพิจารณาหาวิธีการตรวจสอบที่เหมาะสม การตรวจสอบด้วยวิธี Lateral flow ซึ่งให้ผลเป็น positive และ negative อาจไม่เหมาะสมกับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความสะอาด เนื่องจากผลที่ได้ไม่ระบุค่า หากพบปริมาณมากกว่า limit of detection (LOD) ให้ผลเป็นผลบวก (positive) หากต่ำกว่า LOD ให้ผลเป็นผลลบ (negative) ซึ่งปริมาณอาจจะใกล้เคียงกัน ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพได้ แต่หากต้องการให้การทำความสะอาดนั้น สามารถกำจัดสารก่อภูมิแพ้ได้หมดโดยมีค่าต่ำกว่าค่า LOD ของชุดทดสอบ วิธีการนี้ก็สามารถนำมาใช้ได้

5.2.4 วิธีการหาปริมาณวัตถุดิบตกค้างบนพื้นผิว อาจทดลองใช้วิธีอื่น เนื่องจากวิธีที่ทำการทดลองนี้ อาจไม่เหมาะสมกับบางวัตถุดิบ เช่น วัตถุดิบที่มีน้ำหนักเบา เคลื่อนที่ง่าย อาจไม่ติดแผ่นกาวที่ใช้ ทำให้ค่าที่ได้อาจไม่ถูกต้อง

บรรณานุกรม

กระทรวงสาธารณสุข. 2560. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 383 เรื่องการ แสดงฉลากอาหารในภาชนะบรรจุ (ฉบับที่ 2).** คัดจากพระราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 134 ตอนพิเศษที่ 97 ง.

กระทรวงสาธารณสุข. 2560. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 384 เรื่องการ แสดงฉลากอาหารไม่มีกลูเตน.** คัดจากพระราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 134 ตอนพิเศษที่ 97 ง.

ดารณี หมู่ขจรพันธ์. 2552. **กฎระเบียบของอาหารก่อภูมิแพ้ที่ต้องรู้**. วารสารเพื่อคุณภาพ. 144 : 69-71.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. **เคมีอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์, ฆรณี ตุ้ยเต็มวงศ์ และ จิรวัฒน์ กันต์เกรียงไกร. 2541. **การพัฒนาใช้ ATP Bioluminescene ในการควบคุมสุขาภิบาลโรงงานชำแหละไก่**. หน้า 193. *ใน*การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36. 3-5 กุมภาพันธ์ 2541. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัชนี ตัณฑะพานิชกุล. 2549. **เคมีอาหาร.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

วิภา สุโรจนเมธากุล. 2553. **เทคนิค ELISA กับการตรวจสารก่อภูมิแพ้ในอาหาร**. ฟู้ด โฟกัส ไทยแลนด์. 47(5) : 34-37.

วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2555. **สารก่อภูมิแพ้ที่ปนเปื้อนในอาหาร(Hidden Allergen in Food)**. วารสารอาหาร. 42(3) : 191-197

วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2559. **การพัฒนาโปรแกรมการควบคุมสารก่อภูมิแพ้อาหาร.** วารสารอาหาร. 46(3): 21-28.

ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์. 2552. **ชีวเคมีพื้นฐาน.** กรุงเทพฯ. ท้อป.

3เอ็ม ประเทศไทย. 2551. **3M Clean-Trace™ Surface Protein(Allergen) A swab for the detection protein residues**. [แผ่นพับ]. กรุงเทพฯ : 3เอ็ม ประเทศไทย.

สกุลรัตน์ อุษณาวรงค์. 2550. **การแพ้อาหาร**. วารสารศูนย์บริการวิชาการ. 15(3): 19-24

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2547. **การสุขาภิบาลอาหาร (Food plant sanitation)**. กรุงเทพฯ :โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุวิมล กีรติพิบูล. 2544. **ระบบการจัดการและควบคุมการผลิตอาหารให้ปลอดภัย**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ :สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2562**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ : www.oae.go.th/view/1/เอกสารเผยแพร่/TH-TH/?page=2. 15 กรกฎาคม 2562.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. **สถิติการนำเข้า.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://impexp.oae.go.th/service/import/php. 15 กรกฎาคม 2562.

อรพิน ชัยประสพ. 2547. **เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์นม**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538. **เคมีทางธัญญาหาร**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อาภัสสรา ชมิดท์. 2543. **ชีวเคมี**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : รั้วเขียว.

อินเตอร์เทค เทสติ้ง เซอร์วิสเซส (ประเทศไทย). มปป. **Food sampling & Swab test อุปกรณ์และวิธีการเก็บตัวอย่างอาหาร**. [แผ่นพับ]. กรุงเทพฯ : อินเตอร์เทค เทสติ้ง เซอร์วิสเซส (ประเทศไทย).

Codex Alimentarius Commision . 2008. **Codex standard for food for special dietary use for persons intolerant to gluten**. Codex stan 118-1979. [Online]. Available from: www.fao.org. (Accessed March 18, 2019)

Davis, D.T., and Law. A.J.R. 1980. **The content and composition of protein in creamery milk in south-west scothland**. Journal of Dairy Research. 47: 83-90

European Association of Fruit and Vegetable Processor. 2018. **Precautionary allergen labeling (PAL) and the effects for the fruit and vegetable processing industry**. [Online]. Available from : http://profel-europe.eu/_library/_files/PROFEL_position_on_Precautionary_ALlergen_Labelling_-_final.pdf. (Accessed April 10, 2019)

Food Allergen Research and Resource Program. University of Nebraska-Lincoln . 2018. **Food allergen : internal regulatory chart**. [Online]. Available from: https://farrp.unl.edu/IRChart (Accessed March 18, 2019)

Food Standard Australia New Zealand (FSANZ). 2019. **Food recall statistics**. [Online]. Available from http://www.foodstandards.gov.au/industry/foodrecalls/recallstats/Pages/default.aspx. (Accessed February 15 , 2019)

Holah, J.T. 2014. Cleaning and disinfectant practice in food processing. In: Lilieved, H.L.M., Holah, J., Napper, D.(Eds.), **Hygiene in Food Processing: Principle and Practice** , 2nd edition. Woodhead Publishing.

Hussain, Z. 2018. **Egg allergy**. Journal of Nutritional Dietetics and Probiotics. 1(1)

Lauren, S. J. and Fadwa, A. 2010. **Efficacy of difference dry cleaning methods for removing allergenic foods from food-contact surfaces**. [Online]. Available from https://www.researchgate.net/publication/267548651_Efficacy_of_Different_Dry_Cleaning_Methods_for_Removing Allergenic_Foods_from_Food-Contact_Surfaces. (Accessed October 20, 2018)

Lauren, S. J, Fadwa, M. A., Mark, M., Jonathan, W.D., Roger, T., Katherine, M. J. S., Tong, F., Robert, S., George, D., Susan, E., Silvia, A. and Steven, M.G. 2008. **Cleaning and other control and validation strategies to prevent allergen cross-contact in food-processing operations**. Journal of Food Protection. 71(2): 445–458.

Lindsey L. 2017. **Pilot Study: Evaluating the risk of allergen cross contact in ice-cream scoop shop dipper wells**. Master of Science (Food, Nutrition, and Culinary Sciences). Parkway: Clemson University.

Lao-araya M. and Trakultivakorn M. 2012. **Prevalence food allergy among preschool children in northern Thailand**. In 2011 Journal Allergy Clinical Immunol Abstracts. Chaing Mai, Thailand.

Middleton, K.E., Holah, J.T., and Timperley, A.W. 2003. **Guideline for the hygienic design, selection and use of dry cleaning equipment.** In: Guideline No. 40, Campden and Chorleywood Food Research Association, Chipping Campden, Gloucestershire. : 1-41

Moerman, F. and Mager, K. 2016. **Handbook of hygiene control in the food industry**. UK.: Elsevier. 521-554.

Nikoleiski, D. 2015. **Handbook of food allergen detection and control**. German.: Elsevier.90-102.

Ngampaiboon, J. Chatchatee, P. amd Thongkaew, T. 2008. **Cow's milk allergy in Thai children**. Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology. 26: 199-204.

Santadusit, S., Atthapaisalsarudee, S. and Vichyanond, P. 2005. **Prevalence of adverse food reactions and food allergy among Thai children**. Journal of the Medical Association of Thailand. 88(8): 27-32.

Shohi, M., Adashi, R. and Akiyama, H. 2018. **Japanese food allergen labeling regulation: An update.** Journal of AOAC International. 101(1): 8-13.

Siripipattanamongkol, N., Vichyanond, P., Jirapongsananuruk, O., Veshikol, J., Visitsunthorn, N. and Pacharn, P. 2017. **Age of resolution from Ig-E mediated wheat allergy**. Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology. 35: 113-117

Spektor, Y. 2009. **Effect of cleaning protocols on the removal of milk, egg, and peanut allergens from abraded and unabraded stainless steel surfaces**. Master of Science. University of Florida., USA.

Surojanametakul, V., Khaiprapai, P., Jithan, P., Varanyanond, W. , Shoji M. , Ito, T. and Tamura,H. 2012. **Investigation of undeclared food allergens in commercial Thai food products**. Food Control. 23: 1-6.

Tan, J.W. and Joshi, P. 2014. **Review article egg allergy an update**. Journal of Peadiatics and Child Health. 50:11-15.

Tetra Pak .1995. **Dairy Handbook**. Dairy and Food Engineering Division. Tetra Pak. Sweden.

U.S. Food and Drug Administration (USFDA). 2018. **Summary of recall cases in calendar year 2017**., [Online]. Available from https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/recalls-and-public-health-alerts/recall-summaries. (Accessed November 25, 2018)

Vierk, K., Falci, K., Wolyniak, C.and Klontz, K.C. 2002. **Recall of food containing undeclared allergens reported to the US food and drug administration fiscal year 1999.** Journal of Allergy Clinical Immunology. 109(6): 1022-1026.

Walker, M. J., Burns, D. T., Elliott, C. T., Gowland, M. T., and Mills, E. N. 2016. **Is food allergen analysis flawed? Health and supply chain risks and a proposed framework to address urgent analytical needs.** Analyst. 141: 24-35.

Watson, W., T. , Woodrow, A. and Stadnyk, A.,W. 2015. **Removal of peanut allergen Ara h 1 from common hospital surface, toys and books using standard cleaning methods** . Allergy, Asthma and Clinical Immunology. 11:4

Wang, X., Young, O.A., and Karl,D.P. 2010. **Evaluation of cleaning procedures for allergen control in a food industry environment**. Journal of Food Science. 75(9): 149-155 .

Yan, Z., Larsen, G., Scheffler, R. and Blacow, K. 2013. **Examination of food allergen removal from two flat conveyor belt**. In: European Hygienic Equipment Design Group(EHEDG) Yearbook 2013/2014, EHEDG, Frankfurt. 110-114.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

มาตรฐานการแสดงสารก่อภูมิแพ้บนฉลากสินค้าอาหารของแต่ละประเทศ

ก.1 มาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ FAO/WHO (Codex alimentarius)

ระบุไว้ในข้อ 4.2.1 ของ Codex Stan 1-1985 Labeling of Prepackaged Food; General Standard for the Labeling of Prepackaged Food 8 ชนิด ได้แก่

1) ธัญพืชที่มีกลูเตน (ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวไรย์ ข้าวบาร์เลย์ ข้าวโอ๊ต หรือสายพันธุ์ลูกผสมของธัญพืชดังกล่าว และผลิตภัณฑ์จากธัญพืชที่มีส่วนประกอบของกลูเตนดังกล่าว)

2) สัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง เช่น ปู กุ้ง กั้ง ลอบเสตอร์ เป็นต้น และผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง

3) ไข่และผลิตภัณฑ์จากไข่

4) ปลาและผลิตภัณฑ์จากปลา

5) ถั่วลิสง ถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์

6) นม และผลิตภัณฑ์จากนม รวมถึงแลคโตส

7) ถั่วที่มีเปลือกแข็ง และผลิตภัณฑ์จากถั่วที่มีเปลือกแข็ง เช่น อัลมอนต์ วอลนัท พีแคน เป็นต้น

8) ซัลไฟต์ ที่มีปริมาณมากกว่าหรือเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ก.2 ประเทศสหภาพยุโรป (EU)

ตามประกาศ Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers, amending Regulations (EC) No. 1924/2006 and (EC) No. 1925/2006 of the European Parliament and of the Council, and repealing Commission Directive 87/250/EEC, Council Directive 90/496/EEC, Commission Directive 1999/10/EC, Directive 2000/13/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Directives 2002/67/EC and 2008/5/EC and Commission Regulation (EC) No 608/2004 และตามประกาศ Commission directive 2006/142/EC of 22 December 2006 amending Annex III a of Directive 2000/13/EC of the European Parliament and of the Council listing the ingredients which must under all circumstances appear on the labeling of foodstuffs

1) ธัญพืชที่มีกลูเตน ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวไรย์ ข้าวบาร์เลย์ ข้าวโอ๊ต สเปลท์ หรือ สายพันธุ์ลูกผสมของธัญพืชดังกล่าว และผลิตภัณฑ์จากธัญพืชที่มีกลูเตนดังกล่าว (Cereals containing gluten), namely: wheat, rye, barley, oats, spelt, kamut or their hybridized strains, and products thereof,) ยกเว้น (except:)

(a) กลูโคสไซรัป หรือเดกซ์โทรสที่ได้จากข้าวสาลี (wheat based glucose syrups including dextrose)

(b) มอลโทเดกซ์ตริน จากข้าวสาลี (wheat based maltodextrins)

(c) กลูโคสไซรัป จากข้าวบาร์เลย์ (glucose syrups based on barley)

(d) แอลกฮอล์ที่ได้จากการกลั่นเมล็ดธัญพืช (cereals used for making alcoholic distillates including ethyl alcohol of agricultural origin)

2) สัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง และผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ (Crustaceans and products thereof)

3) ไข่ และผลิตภัณฑ์จากไข่ (Eggs and products thereof)

4) ปลา และผลิตภัณฑ์จากปลา ยกเว้น (Fish and products thereof, except)

(a) เจลาตินจากปลาที่ใช้เป็นสารช่วยพาวิตามินและแคโรทีนอยด์ (fish gelatin used as carrier for vitamin or carotenoid preparations)

(b) เจลาตินจากปลาที่ใช้ในเบียร์หรือไวน์ (fish gelatin or Isinglass used as fining agent in beer and wine)

5) ถั่วลิสง และผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสง (Peanuts and products thereof)

6) ถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง (Soybeans and products thereof, except)

(a) น้ำมันหรือไขมันจากถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ (fully refined soybean oil and fat)

(b) โทโคเฟอรอลผสม, ดี - แอลฟา - โทโคเฟอรอล, หรือ ดีแอล - แอลฟา - โทโคเฟอรอลหรือ ดี - แอลฟา - โทโคเฟอริลแอซีเทต, หรือ ดีแอล - แอลฟา - โทโคเฟอริลแอซีเทต หรือ ดี - แอลฟา -โทโคเฟอริลแอซิดซักซิเนต ที่ได้จากถั่วเหลือง (natural mixed tocopherols (E306), natural D-alpha tocopherol, natural D-alpha tocopherol acetate, and natural D-alpha tocopherol succinate from soybean sources)

(c)ไฟโตสเตอรอลและไฟโตสเตอรอลเอสเตอร์ที่ได้จากน้ำมันถั่วเหลือง (vegetable oils derived phytosterols and phytosterol esters from soybean sources)

(d)สตานอลเอสเตอร์จากพืชที่ผลิตจากสเตอรอลของน้ำมันพืชที่ได้จากถั่วเหลือง (plant stanol ester produced from vegetable oil sterols from soybean sources)

7) นมและผลิตภัณฑ์จากนม รวมถึงแลคโตส (Milk and products thereof (including lactose), except)

(a) whey used for making alcoholic distillates including ethyl alcohol of agricultural origin;

(b) แลคติทอล (lactitol)

8) ถั่วที่มีเปลือกแข็ง และผลิตภัณฑ์จากถั่วที่มีเปลือกแข็ง เช่น อัลมอนต์ ฮาเซลนัท วอลนัท พีแคน เม็ดมะม่วงหิมพานต์ พิทาชิโอ แมคคาเดเมีย เป็นต้น (Nuts, namely: almonds (Amygdalus communis L.), hazelnuts (Corylus avellana), walnuts (Juglans regia), cashews (Anacardium occidentale), pecan nuts (Carya illinoinensis (Wangenh.) K. Koch), Brazil nuts (Bertholletia excelsa), pistachio nuts (Pistacia vera), macadamia or Queensland nuts (Macadamia ternifolia), and products thereof,) ยกเว้น ถั่วที่ใช้สำหรับการกลั่นแอลกอฮอล์(except for nuts used for making alcoholic distillates including ethyl alcohol of agricultural origin)

9) ขึ้นช่ายและผลิตภัณฑ์ (Celery and products thereof)

10) มัสตาร์ดและผลิตภัณฑ์ (Mustard and products thereof)

11) งาและผลิตภัณฑ์ (Sesame seeds and products thereof)

12) ซัลไฟต์ ที่มีปริมาณมากกว่าหรือเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Sulphur dioxide and sulphites at concentrations of more than 10 mg/kg or 10 mg/litre in terms of the total SO_2 which are to be calculated for products as proposed ready for consumption or as reconstituted according to the instructions of the manufacturers)

13) ถั่วลูปินและผลิตภัณฑ์ (Lupin and products thereof)

14) สัตว์น้ำมีเปลือกหรือกระดอง เช่น หอย หมึก เป็นต้น และผลิตภัณฑ์ (Molluscs and products thereof)

ก.3 ประเทศสหรัฐอเมริกา

ตามประกาศ Food Allergen Labeling and Consumer Protection Act of 2004 (FALCPA) และ Guidance for Industry: Questions and Answers Regarding Food Allergens, including the Food Allergen Labeling and Consumer Protection Act of 2004 (Edition 4); Final Guidance. The eight foods identified by the law are:

1) นม

2) ไข่

3) ปลา เช่น, ปลาคอด ปลาทะเลตัวแบน

4) สัตว์น้ำเปลือกแข็ง เช่น ปู กุ้ง กั้ง

5) ถั่วเปลือกแข็ง เช่น อัลมอนด์ พีแคน วอลนัท

6) ถั่วลิสง

7) ข้าวสาลี

8) ถั่วเหลือง

ก.4 ประเทศแคนาดา

ตามประกาศ Canada Food and Drug Regulations กำหนด 10 ชนิด ได้แก่

1)ไข่

2) นม

3) มัสตาร์ด

4) ถั่วลิสง

5) อาหารทะเล(ปลา กุ้ง หอย)

6) งา

7) ถั่วเหลือง

8) ซัลไฟท์

9) ถั่วเปลือกแข็ง

10) ข้าวสาลี

ก.5 ประเทศออสเตรเลีย นิวซีแลนด์

ตามประกาศ Food Standards Australia New Zealand Standard 1.2.3 Mandatory Warning and Advisory Statements and Declarations

1)ไข่

2) นม

3) มัสตาร์ด

4) ถั่วลิสง

5) อาหารทะเล(ปลา กุ้ง หอย)

6) งา

7) ถั่วเหลือง

8) ถั่วเปลือกแข็ง

9) ข้าวสาลี

ก.6 ประเทศญี่ปุ่น

ตามประกาศ Specifications and Standards for Foods, Food additives, etc. Under the food Sanitation Act, Japan External Trade organization (JETRO) บังคับให้มีการแสดงข้อมูลบนฉลาก จำนวน 7 ชนิด ได้แก่

1) กุ้ง

2) ปู

3) ข้าวสาลี

4) บัควีท

5) ไข่

6) นม

7) ถั่วลิสง

และไม่บังคับ 20 รายการ ได้แก่

1) หอยทาก

2) หมึก

3) ปลาแซลมอน

4) ส้ม

5) เม็ดมะม่วงหิมพานต์

6) กีวี

7) เนื้อวัว

8) วอลนัท

9) งา

10) ปลาแซลมอน

11) ปลาแมคเคอเรล

12) ถั่วเหลือง

13) ไก่

14) กล้วย

15) เนื้อหมู

16) เห็ดมัทสึตาเกะ

17)ลูกพีช

18) มันแกว

19) แอปเปิ้ล

20) เจลาติน

ก.7 ประเทศจีน

ตามประกาศ National standard of the people's republic of china : National Food Safety Standard – General Standards for the Labeling of Prepackaged Foods GB 7718-2011

1) ธัญพืชที่มีกลูเตน ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวไรย์ ข้าวบาร์เลย์ ข้าวโอ๊ต สเปลท์ หรือ สายพันธุ์ลูกผสมของธัญพืชดังกล่าว และผลิตภัณฑ์จากธัญพืชที่มีกลูเตนดังกล่าว(Contains gluten-based grains and its products (e.g. wheat, rye, barley, oats, spelt or hybrid Species of a combination of the previously mentioned varieties)

2) สัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง เช่น ปู กุ้ง กั้ง ลอบเสตอร์ เป็นต้น และผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ (Crustaceans and its products (e.g. shrimp, lobster, crab)

3) ปลา และผลิตภัณฑ์จากปลา (Fishes and its products)

4) ไข่ และผลิตภัณฑ์จากไข่ (Egg category and its products)

5) ถั่วลิสง และผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสง (Peanuts and its products)

6) ถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง (Soybeans and its products)

7) นม และผลิตภัณฑ์จากนม (Dairy and dairy products (including milk candies)

8) ถั่วที่มีเปลือกแข็ง และผลิตภัณฑ์จากถั่วที่มีเปลือกแข็ง (Nuts and its products)

ก.8 ประเทศเกาหลี

ตามประกาศ Food and Drug safety Notification No. 2016-45 : Foods Labeling Standards, Revised on Jun 13, 2016 Foods for allergen labeling :

1) ไข่ (eggs (limited to poultry))

2) นม (milk)

3) บัควีท (buckwheat)

4) ถั่วลิสง (peanuts)

5) ถั่วเหลือง(soybeans)

6) ข้าวสาลี (wheat)

7) ปลาแมคเคอเรล(mackerel)

8) ปู (crab)

9) กุ้ง (shrimp)

10) เนื้อหมู (pork)

11) พีช (peaches)

12) มะเขือเทศ (tomatoes)

13) ซัลไฟต์ ในรูป ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (sulfurous acid (limited to the final product containing it with as SO_2 over 10 mg/kg))

14) วอลนัท (walnuts)

15) ไก่ (chicken)

16) เนื้อวัว (beef)

17) หมึก (squid)

18) สัตว์น้ำมีเปลือก รวมถึงหอยนางรม หอยเป๋าฮื้อและหอยแมลงภู่ (shellfish including oysters, abalone, and mussels were used as ingredients)

ก.9 ประเทศไต้หวัน

กระทรวงสาธารณสุขไต้หวันได้ออกประกาศมาตรฐานการแสดงฉลากสารก่อภูมิแพ้ในอาหาร(Regulation of Food Allergen Labelling) แก้ไขบัญชีรายชื่อสารก่อภูมิแพ้จากเดิมที่กำหนดเพียง 6 ชนิด เป็น 11 ชนิด ได้แก่

1) สัตว์ทะเลประเภท กุ้ง ปู และสัตว์อื่นๆที่มีเปลือกแข็งและผลิตภัณฑ์ของสิ่งดังกล่าว
2) มะม่วงและผลิตภัณฑ์
3) ถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์
4) นม นมแพะ และผลิตภัณฑ์ ยกเว้น แลคติทอลที่ได้จากนมและนมแพะ
5) ไข่และผลิตภัณฑ์
6) ผลไม้แห้งเปลือกแข็งและผลิตภัณฑ์
7) เมล็ดธัญพืชที่มีกลูเตนและผลิตภัณฑ์ ยกเว้น กลูโคสไซรัป มอลโทเดกซทรินและผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์จากเมล็ดธัญพืช
8) ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์ ยกเว้นน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์ขั้นสูงหรือน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์(ไขมัน)
9) ปลาและผลิตภัณฑ์ ยกเว้นเจลาตินจากปลาที่ใช้เป็นพาหะ สำหรับวิตามินหรือแคโรทีนอยด์ เจลาตินที่ได้จากปลาที่ใช้เป็นสารเพิ่มความหนืดในแอลกอฮอล์
10) การใช้ซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมหรือมากกว่าในรูปแบบของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมดซึ่งคำนวณสำหรับผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ภาคผนวก ข
วัตถุดิบ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

ข. 1 วัตถุดิบ

รูปที่ข.1.1 แป้งสาลี ตรา ช้าง จากผู้ผลิต บริษัท เวียดนาม ฟลาว์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด

รูปที่ข.1.2 นมผง ตราฟอนเทียร่า จากผู้ผลิต บริษัท ฟอนเทียร่า จำกัด

รูปที่ข.1.3 ไข่ขาวผง ตรา เอส เค เอ็ม จากผู้ผลิต บริษัท เอสเคเอ็ม ผลิตภัณฑ์ไข่ จำกัด

ข.2 อุปกรณ์

รูปที่ข.2.1 แปรงกวาดวัตถุดิบจากถาด

รูปที่ข.2.2 ตะแกรงโรยวัตถุดิบ

รูปที่ข2.3 กระดาษอเนกประสงค์

ข3. สารเคมี

รูปที่ข3.1 เอทานอล ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร

ภาคผนวก ค
ขั้นตอนการทำความสะอาดเครื่องร่อน

ค1. วิธีการเตรียมเอทานอล

สารเคมีที่ใช้

1. เอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร
2. น้ำกลั่น

วิธีการคำนวณ

สูตร $N1V1 = N2V2$

โดย

N1 = ความเข้มข้นของสารเริ่มต้น

V1 = ปริมาตรสารเคมีเริ่มต้นที่ใช้

N2 = ความเข้มข้นของสารที่ต้องการ

V2 = ปริมาตรสารเคมีที่ต้องการ

ตารางที่ ค.1.1 การคำนวณปริมาณสารในการเตรียมเอทานอล ความเข้มข้นต่างๆ ปริมาตร 1 ลิตร

ความเข้มข้นเอทานอลที่ต้องการ (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)	ปริมาตรเอทานอล 95 % ที่ใช้ (มิลลิลิตร)	ปริมาตรน้ำกลั่นที่เติม (มิลลิลิตร)
20	V1 = 20x1000/95 = 211	1000 - 211 = 789
50	V1 = 50x1000/95 = 526	1000 - 526 = 474
70	V1 = 70x1000/95 = 737	1000 – 737 = 263

วิธีการเตรียมสารเคมี

1. เทน้ำกลั่นลงในกระบอกตวงตามปริมาตรที่ได้จากการคำนวณ แล้วเทลงขวดพลาสติกที่เตรียมไว้
2. เทเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ลงในกระบอกตวงตามปริมาตรที่ได้จากการคำนวณ แล้วเทลงขวดพลาสติกที่ใส่น้ำกลั่น
3. เขย่าให้เข้ากัน ติดป้ายแสดงสถานะให้ชัดเจน

ค.2 ขั้นตอนการทำความสะอาดตะแกรงร่อน

ค.2.1 ร่อนวัตถุดิบ

รูปที่ค.2.1 ร่อนวัตถุดิบ

ค.2.2 ถอดชั้นตะแกรงร่อนออกจากเครื่อง

รูปที่ค.2.2 ถอดชั้นตะแกรงร่อนออกจากเครื่อง
(ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร)

ค.2.3 ดูดฝุ่นด้วยเครื่องดูดฝุ่น ขนาด 3600 วัตต์ (1200 วัตต์ x 3 มอเตอร์) หัวดูดแบบแปรงกลม ระยะเวลา 1 นาทีทั่วทั้งแผ่น

รูปที่ค.2.3 ดูดฝุ่นด้วยเครื่องดูดฝุ่น ขนาด 3600 วัตต์

ค3. ขั้นตอนการทำความสะอาดส่วนถาดรับวัตถุดิบ

ค.3.1 กวาดชั้นถาดรับวัตถุดิบโดยการกวาดลงเป็นทิศทางเดียว

รูปที่ค.3.1 ถอดชั้นตะแกรงออกจากเครื่องแล้วกวาดชั้นถาดรับวัตถุดิบ

ค.3.2 ดูดฝุ่นด้วยเครื่องดูดฝุ่น กำลัง 3600 วัตต์ระยะเวลา 1 นาที

รูปที่ค.3.2 ดูดฝุ่นด้วยเครื่องดูดฝุ่น

ค.3.3 ฉีดพ่นเอทานอล ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จนทั่วถาด

รูปที่ค.3.3 ฉีดพ่นเอทานอล

ค.3.4 เช็ดด้วยกระดาษอเนกประสงค์ แนวตั้งสลับแนวนอน 3 รอบ

รูปที่ค.3.4 เช็ดด้วยกระดาษอเนกประสงค์

ภาคผนวก ง
วิธีการวิเคราะห์หาสารโปรตีนและสารก่อภูมิแพ้บนพื้นผิว

ง.1 วิธีวิเคราะห์หาสารโปรตีนตกค้างบนพื้นผิวด้วยชุดทดสอบ 3M Clean Trace Surface Protein(Allergen) (3เอ็ม ประเทศไทย, 2551)

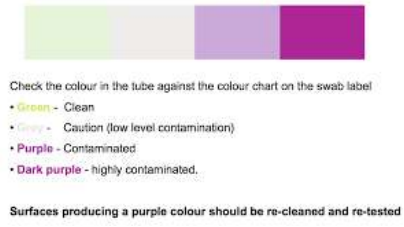
1. นำชุดทดสอบ (รูปที่ ง.1.1) และ moisturizer ที่เก็บในตู้เย็น มาวางทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง
2. เปิดตู้บ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
3. ดึงก้านสวอปออกจากชุดทดสอบ หยดmoisturizer 4 หยด บนหัวสวอป
4. นำไปสวอปพื้นผิวที่ต้องการตรวจสอบในพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร ในรูปแบบทแยง ซ้ายขวา และแนวนอน ตามคำแนะนำของผู้ขาย
5. กดก้านสวอปจนหัวทะลุผ่านลงไปจุ่มในสารละลาย แล้วเขย่าประมาณ 15 ครั้ง
6. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
7. เมื่อครบเวลา นำหลอดทดสอบออกมาตรวจสอบสีที่สารละลาย เปรียบเทียบกับสีด้านข้างหลอด ซึ่งมีอยู่ 4 ระดับ

รูปที่ ง.1.1 ชุดทดสอบ 3M Clean-Trace Surface Protein (Allergen)
ที่มา : 3เอ็ม ประเทศไทย (2551)

<u>การแปลผล</u>

สีของการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับปริมาณของโปรตีนที่ตกค้าง แบ่งออกเป็น 3 ระดับดังนี้

- สีเขียว (Green) แสดงว่าผลการทดสอบผ่าน (Pass) ไม่ต้องทำการแก้ไข
- สีเทา (Gray) ไม่มีผลสรุปที่แน่ชัด แนะนำว่าควรทำการ re-cleaning และทดสอบซ้ำอีกครั้ง
- สีม่วง (Purple) แสดงว่าผลไม่ผ่าน (Fail) ต้องทำการ re-cleaning และทดสอบซ้ำอีกครั้ง



รูปที่ ง.1.2 แถบสีสำหรับการแปลผลจากหลอดทดสอบ
ที่มา : 3เอ็ม ประเทศไทย (2551)

ง.2 วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ ด้วยเทคนิค ELISA โดยชุดทดสอบ R-biopharm

ง2.1 การทดสอบ Gliadin ด้วยชุดทดสอบ RIDASCREEN®Gliadin

1. หลักการ

ใช้หลักการของปฏิกิริยาระหว่างแอนติเจนและแอนติบอดี โดยแอนติบอดีต่อ Gliadin จะติดอยู่กับ microtiter wells เติมสารละลายมาตรฐานของ Gliadin (Gliadin Standards) และตัวอย่างลงใน well Gliadin ในตัวอย่างจะจับกับแอนติบอดีที่จำเพาะที่เกาะติดกับ microtiter wells ล้าง Gliadin ที่ไม่ถูกจับออก เติม peroxidase conjugated antibody ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างแอนติบอดี-แอนติเจน-แอนติบอดี (sandwich complex) ล้าง enzyme conjugate ที่ไม่ถูกจับออกแล้วเติม substrate และ chromogen enzyme conjugate จะเปลี่ยน chromogen เป็นสีน้ำเงิน เติม stop solution จะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีเหลือง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 450 นาโนเมตร

2. สิ่งที่แนบมาพร้อมชุดทดสอบ

2.1 หลุมทดสอบ (Microtiter plate)

2.2 สารมาตรฐาน Gliadin (Gliadin standard) ประกอบด้วย 6 ความเข้มข้น คือ 0 ppm (zero standard) 5, 10 , 20 , 40 และ 80 ppm.

2.3 Conjugate (peroxidase conjugated antibody) concentrate ปริมาตร 1.2 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

2.4 Substrate ปริมาตร 7 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

2.5 Chromogen ปริมาตร 7 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

2.6 Stop reagent ปริมาตร 14 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

2.7 Buffer (5x) ปริมาตร 60 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

2.8 Washing buffer (10x) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

3. เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมี

3.1 **เครื่องมือและอุปกรณ์**

1) Plate reader (อ่านค่าที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร)
2) เครื่อง Vortex mixer
3) เครื่อง Shaker
4) เครื่อง Centrifuge
5) เครื่องบดตัวอย่างหรือ homogenizer
6) เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง
7) Water bath
8) ปิเปตชนิดปรับปริมาตรได้ ขนาด 10-100 ไมโครลิตร และ 200-100 ไมโครลิตร
9) บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร

10) หลอดทดสอบ

11) Test tube rack

12) นาฬิกาจับเวลา

3.2 สารเคมี

1) น้ำกลั่น (Distilled water)

2) Cocktail solution (R7006) สารละลายนี้จะต้องเก็บที่อุณหภูมิห้อง

3) Ethanol 80% (V/V) ตวง 80 มิลลิลิตร ของเอทานอล 100% ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร ผสมให้สารละลายเข้ากัน (เตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้งาน)

4. ข้อควรระวังในการใช้งาน

4.1 . สารละลาย Cocktail solution ประกอบด้วย guanidinum choloride และ mercaptoethan ซึ่งเป็นสารอันตรายควรใช้ด้วยความระมัดระวัง และต้องใช้งานในตู้ดูดควัน

4.2 Stop solution ประกอบด้วย 1N H_2SO_4 ต้องระวังอย่าให้ถูกผิวหนัง

4.3 สารละลาย buffer ประกอบด้วย thimerosal ต้องระวังอย่าให้ถูกผิวหนัง

4.4 ไม่ใช้ชุดทดสอบหลังวันหมดอายุ การเจือจางสารเคมีในชุดทดสอบจะทำให้ค่าที่ได้ผิด(ลดความไวของชุดทดสอบ)

4.5 Chromogen เป็นสารละลายที่ไวต่อแสง ต้องระวังไม่ให้ถูกแสง

4.6 ห้ามเปลี่ยนสารเคมีจากชุดทดสอบต่าง lot number กัน

5. การเก็บรักษาชุดทดสอบ

5.1 เก็บชุดทดสอบที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ห้ามนำไปแช่แข็ง

5.2 นำ micro wells ที่ไม่ใช้ใส่ในถุง foil ที่ให้มาพร้อมสารดูดความชื้นและปิดให้สนิทและเก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส

6. Test Implementation – ข้อควรระวัง

6.1 . เมื่อจะทำการทดสอบจะต้องนำชุดทดสอบออกจากตู้เย็นและวางทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของชุดทดสอบเท่ากับอุณหภูมิห้อง

6.2 นำชุดทดสอบเก็บในตู้เย็นทันทีที่ทำการทดสอบเสร็จ

6.3 ในขั้นตอนการบ่มจะต้องเก็บ plate ในที่มืด

6.4 ห้ามปล่อย microtitor wells แห้งในทุกขั้นตอนการทดสอบ

6.5 การล้าง microtitor wells จะต้องทำตามวิธีที่กำหนดเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง

6.6 chromogen ปกติจะไม่มีสี ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนเป็นสีห้ามใช้

6.7 ค่าการดูดกลืนแสง (OD ที่ 450 นาโนเมตร) ของ Standard 6 จะต้องอ่านได้ไม่น้อยกว่า 0.8

7. วิธีการเตรียมสารเคมี

7.1 Buffer (ใช้สำหรับเจือจางตัวอย่าง)

สารละลายนี้มีความเข้มข้น 5x ก่อนใช้งานจะต้องเจือจาง 5 เท่า (นำสารละลาย 1 ส่วน + น้ำกลั่น 4 ส่วน เช่น ปิเปตสารละลาย Sample diluents 5x มา 3 มิลลิลิตร ใส่ในน้ำกลั่น 12 มิลลิลิตร สัดส่วนนี้ใช้เจือจางตัวอย่างได้จำนวน 10 ตัวอย่าง) สารละลายนี้จะต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้งาน

7.2 Conjugate

สารละลายนี้มีความเข้มข้น 11x ก่อนใช้งานจะต้องเขย่าเพื่อสารละลายตะกอน แล้วจึงเจือจาง 11 เท่า (นำสารละลาย 1 ส่วน + น้ำกลั่น 10 ส่วน เช่น ปิเปตสารละลาย conjugate 11x มา 200 ไมโครลิตร ใส่ในน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร สัดส่วนนี้เพียงพอกับการทดสอบ elisa จำนวน 16 microtitor wells) สารละลายนี้จะต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้งานและป้องกันแสง

7.3 Washing buffer (ใช้สำหรับล้าง Microtiter wells)

สารละลายนี้มีความเข้มข้น 10x ก่อนใช้งานจะต้องละลายสารตะกอนโดยอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น เมื่อจะนาใช้งาน จะต้องเจืองจาง 10 เท่า (นำสารละลาย 1 ส่วน + น้ำกลั่น 9 ส่วน เช่น ปิเปตสารละลาย buffer 10x มา 100 มิลลิลิตร ใส่น้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร) สารละลายที่เจือจางแล้วมีอายุการใช้งาน 4 สัปดาห์ โดยเก็บอุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส

8. ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

8.1. ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้ว 0.25 กรัม ใส่ลงในขวดเตรียมตัวอย่าง

8.2. เติม Cocktail solution 2.5 มิลลิลิตร ปิดฝา ผสมตัวอย่างให้เข้ากัน

8.3. บ่มใน water bath ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที

8.4. นำออกมาวางทิ้งไว้ให้ตู้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

8.5. เติม 7.5 มิลลิลิตร ของ 80% เอทานอล

8.6. ปิดฝา เขย่าให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง shaker (หรือโดยใช้เครื่อง rotator) นาน 1 ชม. ที่อุณหภูมิห้อง

8.7. Centrifuge ที่ 2500 g ที่อุณหภูมิห้อง นาน 10 นาที

8.8. เทสารละลายส่วนใสใส่หลอดทดสอบอันใหม่

8.9. เจือจางตัวอย่าง ด้วย diluted sample diluent ในอัตราส่วน 1:12.5 (เช่น ปิเปตตัวอย่าง 80 ไมโครลิตร ใส่ลงใน diluted sample diluent 920 ไมโครลิตร ผสมตัวอย่างให้เข้ากัน

8.10. ปิเปต 100 ไมโครลิตร ลง ELISA

9. ขั้นตอนการทดสอบด้วยวิธี ELISA

9.1. ก่อนใช้งาน นำชุดทดสอบออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง จนกระทั่งอุณหภูมิของชุดทดสอบเท่ากับ อุณหภูมิห้อง (นำสารเคมีที่มากับชุดทดสอบวางไว้ด้านนอกกล่องประมาณ 20-30 นาที ก่อนทำการทดสอบ)

9.2. นำ microtiter wells ใส่ใน microwell holder ตามจำนวนที่ต้องการใช้ทดสอบ ส่วน microtiter wells ที่ไม่ได้ใช้เก็บในถุง foil ที่มีสารดูดความชื้นและปิดซองให้สนิท นำไปเก็บในตู้เย็น

9.3 ปิเปตสารละลายมาตรฐาน / ตัวอย่าง ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงใน microtiter wells ที่กำหนด (ควรทำ duplicate)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	Std1	Std5	ต.ย.4									
B	Std1	Std5	ต.ย.4									
C	Std2	ต.ย.1	ต.ย.5									
D	Std2	ต.ย.1	ต.ย.5									
E	Std3	ต.ย.2	ต.ย.6									
F	Std3	ต.ย.2	ต.ย.6									
G	Std4	ต.ย.3										
H	Std4	ต.ย.3										

9.4. เคาะ plate เบาๆ บ่มในที่มืดนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

9.5. เทน้ำออก เคาะบนกระดาษซับจนแน่ใจว่าไม่มีน้ำยาเหลืออยู่ในแต่ละหลุม ล้าง plate ด้วย diluted washing buffer ปริมาตร 250 ไมโครลิตร จำนวน 3 ครั้ง เคาะบนกระดาษซับไม่ให้มีหยดน้ำเกาะติดอยู่ในแต่ละหลุม

9.6. ปิเปต diluted enzyme conjugate ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในแต่ละหลุม เคาะ plate เบาๆบ่มในที่มืด นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

9.7. เทน้ำออก เคาะบนกระดาษซับจนแน่ใจว่าไม่มีน้ำยาเหลืออยู่ในแต่ละหลุม ล้าง plate ด้วย diluted washing buffer ปริมาตร 250 ไมโครลิตร จำนวน 3 ครั้ง เคาะบนกระดาษซับไม่ให้มีหยดน้ำเกาะติดอยู่ใน แต่ละหลุม

9.8. เติม substrate 50 ไมโครลิตร และ chromogen 50 ไมโครลิตร เคาะ plate เบาๆ บ่มในที่มืดนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

9.9. ปิเปต Stop solution ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในแต่ละหลุม เคาะ plate เบาๆ

9.10 นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร (ควรอ่านค่าภายใน 30 นาทีหลังการเติม Stop Solution)

หมายเหตุ ค่าความเข้มข้นที่อ่านจาก Standard curve จะต้องคูณด้วย 500 (dilution factor = 500)

ง2.2 การทดสอบ Egg ด้วยชุดทดสอบ RIDASCREEN® Ei/Egg

1. หลักการ

ใช้หลักการของปฏิกิริยาระหว่างแอนติเจนและแอนติบอดี โดยแอนติบอดีต่อ egg white protein จะติดอยู่กับ microtiter wells เติมสารละลายมาตรฐานของ egg white protein (egg white protein Standards) และตัวอย่างลงใน well egg white protein ในตัวอย่างจะจับกับแอนติบอดีที่จำเพาะที่เกาะติดกับ microtiter wells ล้าง egg white protein ที่ไม่ถูกจับออก เติม peroxidase conjugated antibody ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างแอนติบอดี-แอนติเจน-แอนติบอดี (sandwich complex) ล้าง enzyme conjugate ที่ไม่ถูกจับออก แล้วเติม substrate / chromogen enzyme conjugate จะเปลี่ยน chromogen เป็นสีน้ำเงิน เติม stop solution จะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีเหลือง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 450 นาโนเมตร

2. สิ่งที่แนบมาพร้อมชุดทดสอบ

2.1 หลุมทดสอบ (Microtiter plate) จำนวน 48 หลุม

2.2 สารมาตรฐาน egg white protein (egg white protein standard) ประกอบด้วย 5 ความเข้มข้น คือ 0 ppm (zero standard) 0.5, 1.5, 4.5 และ 13.5 ppm

2.3 Conjugate (peroxidase conjugated antibody) 11 x concentrate ปริมาณ 0.7 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

2.4 Substrate/Chromogen ปริมาณ 10 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

2.5 Stop reagent ปริมาณ 14 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

2.6 Allergen extraction buffer (10x) ปริมาณ 125 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

2.7 Washing buffer (10x) ปริมาณ 100 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

3 .เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมี

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1) Plate reader (อ่านค่าที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร)
2) เครื่อง Vortex mixer
3) เครื่อง Shaker
4) เครื่อง Centrifuge
5) เครื่องบดตัวอย่างหรือ homogenizer

6) เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง
7) Water bath
8) ปิเปตชนิดปรับปริมาตรได้ ขนาด 10-100 ไมโครลิตร และ 200-1000 ไมโครลิตร
9) บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร
10) หลอดทดสอบ
11) Test tube rack
12) นาฬิกาจับเวลา

3.2 สารเคมี

1) น้ำกลั่น (Distilled water)

4. ข้อควรระวังในการใช้งาน

4.1 Stop solution ประกอบด้วย 1N H_2SO_4 ต้องระวังอย่าให้ถูกผิวหนัง
4.2 สารละลาย buffer ประกอบด้วย thimerosal ต้องระวังอย่าให้ถูกผิวหนัง
4.3 ไม่ใช้ชุดทดสอบหลังวันหมดอายุ การเจือจางสารเคมีในชุดทดสอบจะทำให้ค่าที่ได้ผิด (ลดความไวของชุดทดสอบ)
4.4 Substrate/ Chromogen เป็นสารละลายที่ไวต่อแสง ต้องระวังไม่ให้ถูกแสง
4.5 ห้ามเปลี่ยนสารเคมีจากชุดทดสอบต่าง lot number กัน

5. การเก็บรักษาชุดทดสอบ

5.1 เก็บชุดทดสอบที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ห้ามนำไปแช่แข็ง
5.2 นำ micro wells ที่ไม่ใช้ใส่ในถุง foil ที่ให้มาพร้อมสารดูดความชื้นและปิดให้สนิท และเก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส

6. Test Implementation – ข้อควรระวัง

6.1 เมื่อจะทำการทดสอบจะต้องนำชุดทดสอบออกจากตู้เย็นและวางทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของชุดทดสอบเท่ากับอุณหภูมิห้อง
6.2 นำชุดทดสอบเก็บในตู้เย็นทันทีที่ทำการทดสอบเสร็จ
6.3 ในขั้นตอนการบ่มจะต้องเก็บ plate ในที่มืด
6.4 ห้ามปล่อย microtiter wells แห้งในทุกขั้นตอนการทดสอบ
6.5 การล้าง microtiter wells จะต้องทำตามวิธีที่กำหนดเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง
6.6 Substrate/ Chromogen ปกติจะมีสีแดง ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินห้ามใช้
6.7 ค่าการดูดกลืนแสง (OD ที่ 450 นาโนเมตร) ของ Standard 5 จะต้องอ่านได้ไม่น้อยกว่า 0.8

7. วิธีการเตรียมสารเคมี

7.1 Allergen Extraction Buffer (ใช้สำหรับสกัดตัวอย่าง)

สารละลายนี้มีความเข้มข้น 10x ก่อนใช้งานจะต้องละลายตะกอนโดยอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 นาที แล้วทิ้งไว้ในเย็น เมื่อจะนำมาใช้งานให้เจือจาง 10 เท่า (นำสารละลาย 1 ส่วน + น้ำกลั่น 9 ส่วน เช่น ปิเปตสารละลาย Allergen Extraction Buffer 10x มา 100 มิลลิลิตร ใส่ในน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร นำไปอุ่นอีกครั้งในwater bath ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สารละลายที่เจือจางแล้วมีอายุการใช้งาน 12 สัปดาห์ โดยเก็บที่อุณหภูมิ 2- 8 องศาเซลเซียส สารละลายนี้จะต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้งาน

7.2 Allergen enzyme conjugate

สารละลายนี้มีความเข้มข้น 11x ก่อนใช้งานจะต้องเขย่าเพื่อสารละลายตะกอน แล้วจึงเจือจาง 11 เท่า (นำสารละลาย 1 ส่วน + น้ำกลั่น 10 ส่วน เช่น ปิเปตสารละลาย conjugate 11x มา 200 ไมโครลิตร ใส่ในน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร สัดส่วนนี้เพียงพอกับการทดสอบ elisa จำนวน 16 microtiter wells) สารละลายนี้จะต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้งานและป้องกันแสง

7.3 Washing buffer (ใช้สำหรับล้าง Microtiter wells)

สารละลายนี้มีความเข้มข้น 10x ก่อนใช้งานจะต้องละลายสารตะกอนโดยอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น เมื่อจะนำใช้งาน จะต้องเจืองจาง 10 เท่า (นำสารละลาย 1 ส่วน + น้ำกลั่น 9 ส่วน เช่น ปิเปตสารละลาย buffer 10x มา 100 มิลลิลิตร ใส่น้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร) สารละลายที่เจือจางแล้วมีอายุการใช้งาน 4 สัปดาห์ โดยเก็บอุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส

8. ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

8.1 ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้ว 1 กรัม ใส่ลงในหลอดcentrifuge

8.2 เติม Allergen Extraction Buffer ที่เจือจางและอุ่นได้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 20 มิลลิลิตร ปิดฝา ผสมตัวอย่างให้เข้ากัน

8.3 บ่มใน water bath ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

8.4 นำออกมาวางทิ้งไว้ให้ตู้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

8.5 centrifuge ที่ 2500 g ที่อุณหภูมิห้อง นาน 10 นาที (แนะนำให้ centrifuge ที่ 4 องศาเซลเซียส) และกรองด้วยกระดาษกรอง

8.6. ดูดสารละลายส่วนใสใส่หลอดทดสอบอันใหม่

8.7. ปิเปต 100 ไมโครลิตร ลง ELISA

9. ขั้นตอนการทดสอบด้วยวิธี ELISA

9.1. ก่อนใช้งาน นำชุดทดสอบออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง จนกระทั่งอุณหภูมิของชุดทดสอบเท่ากับอุณหภูมิห้อง (นำสารเคมีที่มากับชุดทดสอบวางไว้ด้านนอกกล่อง ประมาณ 20-30 นาที ก่อนทำการทดสอบ)

9.2. นำ microtiter wells ใส่ใน microwell holder ตามจำนวนที่ต้องการใช้ทดสอบ ส่วน microtiter wells ที่ไม่ได้ใช้เก็บในถุง foil ที่มีสารดูดความชื้นและปิดซองให้สนิท นำไปเก็บในตู้เย็น

9. 3. ปิเปตสารละลายมาตรฐาน / ตัวอย่าง ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงใน microtiter wells ที่กำหนด (ควรทำ duplicate)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	Std1	Std5	ต.ย.4									
B	Std1	Std5	ต.ย.4									
C	Std2	ต.ย.1	ต.ย.5									
D	Std2	ต.ย.1	ต.ย.5									
E	Std3	ต.ย.2	ต.ย.6									
F	Std3	ต.ย.2	ต.ย.6									
G	Std4	ต.ย.3										
H	Std4	ต.ย.3										

9.4. เคาะ plate เบาๆ บ่มในที่มืดนาน 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

9.5. เทน้ำออก เคาะบนกระดาษซับจนแน่ใจว่าไม่มีน้ำยาเหลืออยู่ในแต่ละหลุม ล้าง plate ด้วย diluted washing buffer ปริมาตร 250 ไมโครลิตร จำนวน 3 ครั้ง เคาะบนกระดาษซับไม่ให้มีหยดน้ำเกาะติดอยู่ในแต่ละหลุม

9.6. ปิเปต diluted enzyme conjugate ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในแต่ละหลุม เคาะ plate เบาๆบ่มในที่มืด นาน 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

9.7. เทน้ำออก เคาะบนกระดาษซับจนแน่ใจว่าไม่มีน้ำยาเหลืออยู่ในแต่ละหลุม ล้าง plate ด้วย diluted washing buffer ปริมาตร 250 ไมโครลิตร จำนวน 3 ครั้ง เคาะบนกระดาษซับไม่ให้มีหยดน้ำเกาะติดอยู่ในแต่ละหลุม

9.8. เติม substrate / chromogen 100 ไมโครลิตร เคาะ plate เบาๆ บ่มในที่มืดนาน 10 นาที ที่ อุณหภูมิห้อง

9.9. ปิเปต Stop solution ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในแต่ละหลุม เคาะ plate เบาๆ

9.10. นำไปวัดกรดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร (ควรอ่านค่าภายใน 10 นาที หลังการเติม Stop Solution)

หมายเหตุ อ่านค่าความเข้มข้นโดยตรงจาก Standard curve ไม่ต้องคูณ dilution factor

ง2.3 การทดสอบ Milk ด้วยชุดทดสอบ RIDASCREEN® FAST Milk

1. หลักการ

ใช้หลักการของปฏิกิริยาระหว่างแอนติเจนและแอนติบอดี โดยแอนติบอดีต่อ milk protein จะเกาะติดอยู่กับ microtiter wells เติมสารละลายมาตรฐานของ milk protein (milk protein standards) และตัวอย่างลงใน well milk protein ในตัวอย่างจะจับกับแอนติบอดีที่จำเพาะที่เกาะติดกับ microtiter wells ล้าง milk protein ที่ไม่ถูกจับออก เติม peroxidase conjugated antibody ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างแอนติบอดี-แอนติเจน-แอนติบอดี (sandwich complex) ล้าง enzyme conjugate ที่ไม่ถูกจับออก แล้วเติม substrate / chromogen enzyme conjugate จะเปลี่ยน chromogen เป็นสีน้ำเงิน เติม stop solution จะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีเหลือง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 450 นาโนเมตร

2. สิ่งที่แนบมาพร้อมชุดทดสอบ

2.1 หลุมทดสอบ (Microtiter plate) จำนวน 48 หลุม

2.2 สารมาตรฐาน milk protein (milk protein standard) ประกอบด้วย 5 ความเข้มข้น คือ 0 ppm (zero standard) 2.5, 7.5, 22.5 และ 67.5 ppm ปริมาณ 1.3 มิลลิลิตร

2.3 Conjugate (peroxidase conjugated antibody) (11 x) ปริมาณ 0.7 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

2.4. Conjugate buffer ปริมาณ 7 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

2.5. Substrate/Chromogen ปริมาณ 10 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

2.6. Stop reagent ปริมาณ 14 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

2.7. Allergen extraction buffer (10x) ปริมาณ 100 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

2.8. Additive 1 ปริมาณ 2 กรัม จำนวน 1 ขวด

2.9. Washing buffer (10x) ปริมาณ 100 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด

3.เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมี

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1) Plate reader (อ่านค่าที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร)
2) เครื่อง Vortex mixer
3) เครื่อง Shaker
4) เครื่อง Centrifuge

5) เครื่องบดตัวอย่างหรือ homogenizer
6) เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง
7) Water bath
8) ปิเปตชนิดปรับปริมาตรได้ ขนาด 10-100 ไมโครลิตร และ 200-1000 ไมโครลิตร
9) บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร
10) หลอดทดสอบ
11) Test tube rack
12) นาฬิกาจับเวลา

3.2 สารเคมี

1) น้ำกลั่น (Distilled water)
2) 1M HCl
3) 1M NaOH

4. ข้อควรระวังในการใช้งาน

4.1 Stop solution ประกอบด้วย 1N H_2SO_4 ต้องระวังอย่าให้ถูกผิวหนัง
4.2 สารละลาย buffer ประกอบด้วย thimerosal ต้องระวังอย่าให้ถูกผิวหนัง
4.3 ไม่ใช้ชุดทดสอบหลังวันหมดอายุ การเจือจางสารเคมีในชุดทดสอบจะทำให้ค่าที่ได้ผิด (ลดความไวของชุดทดสอบ)
4.4 Substrate/ Chromogen เป็นสารละลายที่ไวต่อแสง ต้องระวังไม่ให้ถูกแสง
4.5 ห้ามเปลี่ยนสารเคมีจากชุดทดสอบต่าง lot number กัน

5. การเก็บรักษาชุดทดสอบ

5.1 เก็บชุดทดสอบที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ห้ามนำไปแช่แข็ง
5.2 นำ micro wells ที่ไม่ใช้ใส่ในถุง foil ที่ให้มาพร้อมสารดูดความชื้นและปิดให้สนิท
และเก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส

6. Test Implementation – ข้อควรระวัง

6.1 เมื่อจะทำการทดสอบจะต้องนำชุดทดสอบออกจากตู้เย็นและวางทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของชุดทดสอบเท่ากับอุณหภูมิห้อง
6.2 นำชุดทดสอบเก็บในตู้เย็นทันทีที่ทำการทดสอบเสร็จ
6.3 ในขั้นตอนการบ่มจะต้องเก็บ plate ในที่มืด
6.4 ห้ามปล่อย microtiter wells แห้งในทุกขั้นตอนการทดสอบ
6.5 การล้าง microtiter wells จะต้องทำตามวิธีที่กำหนดเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง
6.6 Substrate/ Chromogen ปกติจะมีสีแดง ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินห้ามใช้

6.7 ค่าการดูดกลืนแสง (OD ที่ 450 นาโนเมตร) ของ Standard 5 จะต้องอ่านได้ไม่น้อยกว่า 0.8

7. วิธีการเตรียมสารเคมี

7.1 Allergen Extraction Buffer (ใช้สำหรับสกัดตัวอย่าง)

สารละลายนี้มีความเข้มข้น 10x ก่อนใช้งานจะต้องละลายตะกอนโดยอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 นาที แล้วทิ้งไว้ในเย็น เมื่อจะนำมาใช้งานให้เจือจาง 10 เท่า (นำสารละลาย 1 ส่วน + น้ำกลั่น 9 ส่วน เช่น ปิเปตสารละลาย Allergen Extraction Buffer 10x มา 100 มิลลิลิตร ใส่ในน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร) นำไปอุ่นอีกครั้งในwater bath ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สารละลายที่เจือจางแล้วมีอายุการใช้งาน 12 สัปดาห์ โดยเก็บที่อุณหภูมิ 2- 8 องศาเซลเซียส สารละลายนี้จะต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้งาน

7.2 Allergen Extraction Buffer + Additive 1 (A-AEP)

ชั่ง Additive 1.35 กรัม ในบีกเกอร์ เติม 1M NaOH ปริมาณ 15 มิลลิลิตร คนจนกระทั่ง Additive 1 ละลาย ตวง allergen extraction buffer ที่เจือจางแล้ว 700 มิลลิลิตร ด้วยกระบอกตวง จากนั้นเติม additive 1 15 มิลลิลิตร ลงไป โดยคนให้ละลายอย่างต่อเนื่อง ปรับ pH ให้เท่ากับ 9 ด้วย 1M HCl และปรับปริมาตรสุทธิเป็น 750 มิลลิลิตร ด้วย allergen extraction buffer ที่เจือจางแล้ว A-AEP ปริมาตร 750 มิลลิลิตร เพียงพอกับการทดสอบ ELISA จำนวน 45 ตัวอย่าง มีอายุการใช้งาน 3 สัปดาห์ โดยที่เก็บอุณหภูมิห้อง ควรใช้ขวดที่สะอาดในการเตรียมเพื่อป้องกันการตกผลึกของสาร

7.3 Extractor 2

สารละลายนี้มีความเข้มข้น 2X เมื่อจะนำมาใช้งาน ให้เจือจาง 2 เท่า (นำสารละลาย 1 ส่วน + น้ำกลั่น 1 ส่วน เช่น ปิเปตสารละลาย Extractor 2 2x มา 30 มิลลิลิตร ใส่ในน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร) เพียงพอกับการทดสอบ 45 ตัวอย่าง มีอายุการใช้งาน 3 เดือน โดยเก็บที่อุณหภูมิห้อง

7.4 Conjugate

สารละลายนี้มีความเข้มข้น 11x ก่อนใช้งานจะต้องเขย่าเพื่อสารละลายตะกอน แล้วจึงเจือจาง 11 เท่า (นำสารละลาย 1 ส่วน + conjugate buffer 10 ส่วน เช่น ปิเปตสารละลาย conjugate 11x มา 200 ไมโครลิตร ใส่ใน conjugate buffer 2 มิลลิลิตร สัดส่วนนี้เพียงพอกับการทดสอบ Elisa จำนวน 16 microtiter wells) สารละลายนี้จะต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้งานและป้องกันแสง

7.5 Washing buffer (ใช้สำหรับล้าง Microtiter wells)

สารละลายนี้มีความเข้มข้น 10x ก่อนใช้งานจะต้องละลายสารตะกอนโดยอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น เมื่อจะนำใช้งาน จะต้องเจือจาง 10 เท่า (นำสารละลาย 1 ส่วน + น้ำกลั่น 9 ส่วน เช่น ปิเปตสารละลาย buffer 10x มา 100

มิลลิลิตร ใส่น้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร) สารละลายที่เจือจางแล้วมีอายุการใช้งาน 4 สัปดาห์ โดยเก็บอุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส

8.ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

8.1 ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้ว 1 กรัม ใส่ลงในหลอดcentrifuge

8.2 เติม Extractor 2 ที่เจือจาง 4 มิลลิลิตร ปิดฝา ผสมตัวอย่างให้เข้ากัน

8.3. บ่มใน water bath ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

8.4. ทำให้เย็นอย่างรวดเร็วใน Ice bath

8.5. เติม A-AEP ที่อุ่นอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 16 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

8.6. บ่มใน water bath ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

8.7. ทำให้เย็นใน Ice bath

8.8. Centrifuge ที่ 2500 g(3000-4000 รอบ) ที่อุณหภูมิห้อง นาน 10 นาที แล้วนำส่วนใสมากรองด้วย กระดาษกรอง Whatman NO.1

8.9. เจือจางสารละลายส่วนใส 1:5 โดยดูดสารละลาย 100 ไมโครลิตร + allergen extraction buffer ที่เจือจางแล้ว 400 ไมโครลิตร

8.10. ปิเปต 100 ไมโครลิตร ลง ELISA

9. ขั้นตอนการทดสอบด้วยวิธี ELISA

9.1. ก่อนใช้งาน นำชุดทดสอบออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง จนกระทั่งอุณหภูมิของชุดทดสอบเท่ากับอุณหภูมิห้อง (นำสารเคมีที่มากับชุดทดสอบวางไว้ด้านนอกกล่อง ประมาณ 20-30 นาที ก่อนทำการทดสอบ)

9.2. นำ microtiter wells ใส่ใน microwell holder ตามจำนวนที่ต้องการใช้ทดสอบ ส่วน microtiter wells ที่ไม่ได้ใช้เก็บในถุง foil ที่มีสารดูดความชื้นและปิดซองให้สนิท นำไปเก็บในตู้เย็น

9.3. ปิเปตสารละลายมาตรฐาน / ตัวอย่าง ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงใน microtiter wells ที่กำหนด (ควรทำ duplicate)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	Std1	Std5	ต.ย.4									
B	Std1	Std5	ต.ย.4									
C	Std2	ต.ย.1	ต.ย.5									
D	Std2	ต.ย.1	ต.ย.5									
E	Std3	ต.ย.2	ต.ย.6									
F	Std3	ต.ย.2	ต.ย.6									
G	Std4	ต.ย.3										
H	Std4	ต.ย.3										

9.4. เคาะ plate เบาๆ บ่มในที่มืดนาน 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

9.5. เทน้ำออก เคาะบนกระดาษซับจนแน่ใจว่าไม่มีน้ำยาเหลืออยู่ในแต่ละหลุม ล้าง plate ด้วย diluted washing buffer ปริมาตร 250 ไมโครลิตร จำนวน 4 ครั้ง เคาะบนกระดาษซับไม่ให้มีหยดน้ำเกาะติดอยู่ในแต่ละหลุม

9.6. ปิเปต diluted enzyme conjugate ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในแต่ละหลุม เคาะ plate เบาๆบ่มในที่มืด นาน 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

9.7 เทน้ำออก เคาะบนกระดาษซับจนแน่ใจว่าไม่มีน้ำยาเหลืออยู่ในแต่ละหลุม ล้าง plate ด้วย diluted washing buffer ปริมาตร 250 ไมโครลิตร จำนวน 4 ครั้ง เคาะบนกระดาษซับไม่ให้มีหยดน้ำเกาะติดอยู่ในแต่ละหลุม

9.8. เติม substrate / chromogen 100 ไมโครลิตร เคาะ plate เบาๆ บ่มในที่มืดนาน 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

9.9. ปิเปต Stop solution ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในแต่ละหลุม เคาะ plate เบาๆ

9.10. นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร (ควรอ่านค่าภายใน 10 นาทีหลังการเติม Stop Solution)

หมายเหตุ อ่านค่าความเข้มข้นโดยตรงจาก Standard curve ไม่ต้องคูณ dilution factor

ง.3 วิธีการตรวจสอบสารก่อภูมิแพ้บนพื้นผิวด้วยชุดทดสอบแบบ Lateral Flow

ง.3.1 วิธีทดสอบ : การตรวจวิเคราะห์ ด้วยวิธี 3M Gluten Protein Rapid Test

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1.1. Electronic balance

1.1.2. Auto pipette / pipette

1.1.3. นาฬิกาจับเวลา

1.1.4. Vortex Mixer

1.1.5. หลอด Microcentrifuge tube

1.1.6. Centrifuge ความเร็ว 5,000-7,000 rpm (3,000x*g*)

1.1.7. ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิช่วงการใช้งาน 2-8 องศาเซลเซียส

1.2. สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.2.1. 3M Gluten Protein Rapid Test (LFD)

1.2.2. 3M Extraction Buffer

2. วิธีการทดสอบ : การวิเคราะห์ตัวอย่างที่เก็บมาจากสิ่งแวดล้อม (Swab)

2.1. ติดป้ายหลอด microcentrifuge tube หนึ่งหลอดต่อหนึ่งตัวอย่าง

2.2. เติม 3M Extraction buffer ปริมาณ 500 µL ลงในหลอด Microcentrifuge tube ที่ติดป้ายไว้

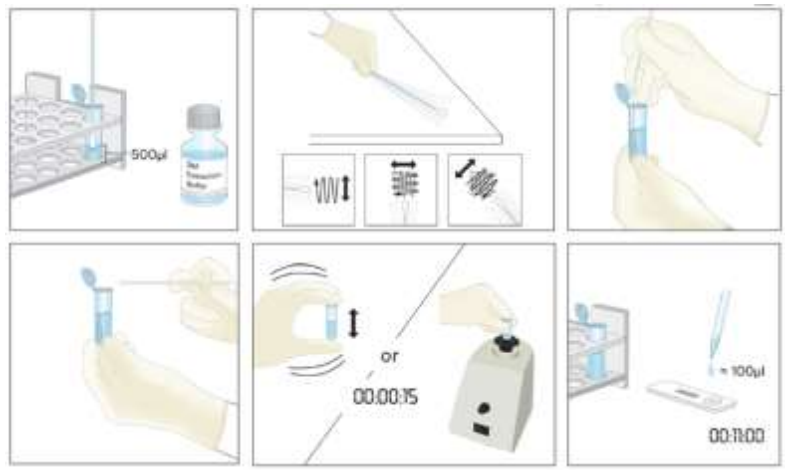
2.3. นำก้าน Swab ที่สะอาดออกมาแล้วจุ่มส่วนปลายทั้งหมดลงไปในหลอด microcentrifuge tube จนกระทั่งปลายชุ่มด้วย 3M Extraction buffer รีดของเหลวส่วนเกินออกจากปลาย Swab

2.4. ทำการ Swab บนพื้นที่ผิวขนาด10x10 cm2 โดยให้ก้าน Swab ทำมุม 30o กับพื้นผิว ใช้ Swab กวาดอย่างช้า ๆ และทั่วบริเวณพื้นผิวที่ต้องการเก็บตัวอย่าง

2.5. ใส่ก้าน Swab กลับเข้าไปในหลอดแล้ววนก้าน Swab หลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้สิ่งตกค้างที่อาจจะอยู่บนผิวของ Swab หลุดลงไปใน 3M Extraction buffer ปิดฝาให้แน่น เขย่าแรงๆ หรือใช้เครื่อง Vortex mixer 15 วินาที เพื่อผสมให้เข้ากัน และได้ตัวอย่างที่สกัดออกมา

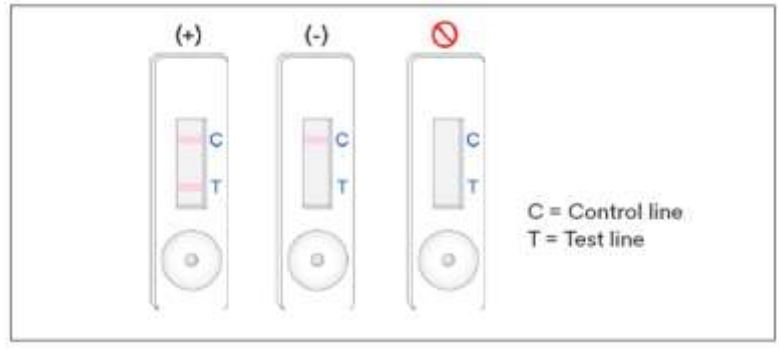
2.6. นำชุดทดสอบ 3M Gluten Protein Rapid Test (LFD) ออกจากบรรจุภัณฑ์ แล้ววางบนพื้นผิวราบที่แห้งและสะอาด

2.7. ดูดตัวอย่างที่สกัดออกมาปริมาณ 100 µL ลงบนชุดทดสอบที่เตรียมไว้โดยใช้ Auto pipette / Pipette ที่สะอาด แล้วหยดลงบนช่องใส่ตัวอย่างบนชุดทดสอบ จับเวลา 11±1 นาที และอ่านผล



รูปที่ ง.3.1 ขั้นตอนการตรวจสอบสารก่อภูมิแพ้ด้วยชุดทดสอบ 3M Gluten Protein Rapid Test
ที่มา : 3M Heath Care (2018)

3. การอ่านผลและแปลผล



รูปที่ ง.3.2 การอ่านผลและแปลผลการทดสอบด้วยชุดทดสอบ 3M Gluten Protein Rapid Test
ที่มา : 3M Heath Care (2018)

3.1. **ผลลบ**สำหรับชุดทดสอบโปรตีน เมื่อปรากฏเฉพาะ 1 เส้น C (Control line) เมื่อครบระยะเวลาทดสอบ

3.2. **ผลบวก**สำหรับชุดทดสอบโปรตีน เมื่อปรากฏทั้ง 2 เส้น T (Test line) และ C (Control line) เมื่อครบระยะเวลาทดสอบ

3.3. **Invalid** สำหรับชุดทดสอบโปรตีน เมื่อไม่ปรากฏเส้นใด ๆ เมื่อครบระยะเวลาทดสอบ แสดงว่า ชุดทดสอบมีความผิดปกติ

4. การรายงานผล

รายงานผลแบบ พบ หรือ ไม่พบ

ง.3.2 วิธีทดสอบ : การตรวจวิเคราะห์ ด้วยวิธี 3M Bovine Total Milk Protein Rapid Test

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1 **เครื่องมือและอุปกรณ์**

1.1.1 Electronic balance

1.1.2 Auto pipette / pipette

1.1.3 นาฬิกาจับเวลา

1.1.4 Vortex Mixer

1.1.5 หลอด Microcentrifuge tube

1.1.6 Centrifuge ความเร็ว 5,000-7,000 rpm (3,000x*g*)

1.1.7 ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิช่วงการใช้งาน 2-8 องศาเซลเซียส

2. สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

2.1 3M Bovine Total Milk Protein Rapid Test (LFD)

2.2 3M Extraction Buffer

3. วิธีทดสอบ : การวิเคราะห์ตัวอย่างที่เก็บมาจากสิ่งแวดล้อม (Swab)

3.1 ติดป้ายหลอด microcentrifuge tube หนึ่งหลอดต่อหนึ่งตัวอย่าง

3.2 เติม 3M Extraction buffer ปริมาณ 500 µL ลงในหลอด Microcentrifuge tube ที่ติดป้ายไว้

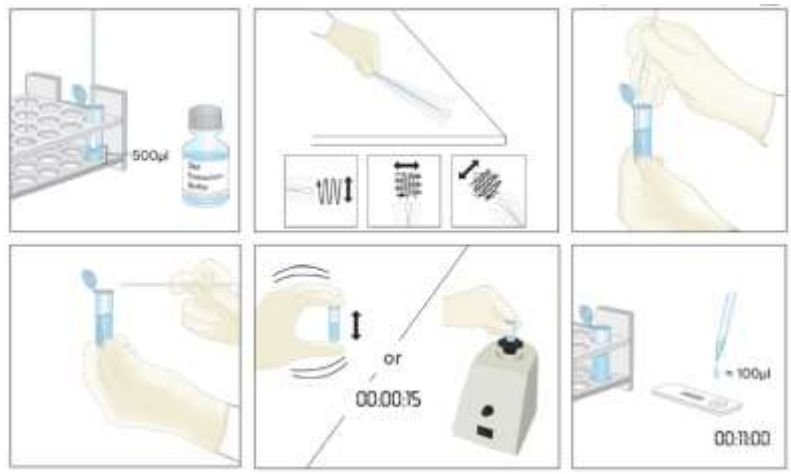
3.3 นำก้าน Swab ที่สะอาดออกมาแล้วจุ่มส่วนปลายทั้งหมดลงไปในหลอด microcentrifuge tube จนกระทั่งปลายชุ่มด้วย 3M Extraction buffer รีดของเหลวส่วนเกินออกจากปลาย Swab

3.4 ทำการ Swab บนพื้นที่ผิวขนาด10x10 cm2 โดยให้ก้าน Swab ทำมุม 30o กับพื้นผิว ใช้ Swab กวาดอย่างช้า ๆ และทั่วบริเวณพื้นผิวที่ต้องการเก็บตัวอย่าง

3.5 ใส่ก้าน Swab กลับเข้าไปในหลอดแล้ววนก้าน Swab หลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้สิ่งตกค้างที่อาจจะอยู่บนผิวของ Swab หลุดลงไปใน 3M Extraction buffer ปิดฝาให้แน่น เขย่าแรงๆ หรือใช้เครื่อง Vortex mixer 15 วินาที เพื่อผสมให้เข้ากัน และได้ตัวอย่างที่สกัดออกมา

3.6 นำชุดทดสอบ 3M Bovine Total Milk Protein Rapid Test (LFD) ออกจากบรรจุภัณฑ์ แล้ววางบนพื้นผิวราบที่แห้งและสะอาด

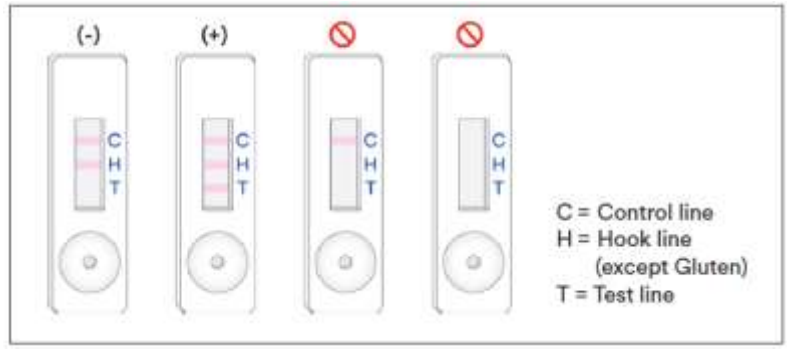
3.7 ดูดตัวอย่างที่สกัดออกมาปริมาณ 100 µL ลงบนชุดทดสอบที่เตรียมไว้โดยใช้ Auto pipette / Pipette ที่สะอาด แล้วหยดลงบนช่องใส่ตัวอย่างบนชุดทดสอบ จับเวลา 11±1 นาที และอ่านผล



รูปที่ ง.3.3 ขั้นตอนการตรวจสอบสารก่อภูมิแพ้ด้วยชุดทดสอบ 3M Bovine Total Milk Protein Rapid Test

ที่มา : 3M Heath Care (2018)

4. การอ่านผลและแปลผล



รูปที่ ง.3.4 การอ่านผลและแปลผลการทดสอบด้วยชุดทดสอบ 3M Bovine Total Milk Protein Rapid Test

ที่มา : 3M Heath Care (2018)

4.1 ผลลบสำหรับชุดทดสอบโปรตีน เมื่อปรากฏเฉพาะ 2 เส้น H (Hook line) และ C (Control line) เมื่อครบระยะเวลาทดสอบ

4.2 ผลบวกสำหรับชุดทดสอบโปรตีน เมื่อปรากฏทั้ง 3 เส้น T (Test line) H (Hook line) และ C (Control line) เมื่อครบระยะเวลาทดสอบ

4.3 Invalid-Overloaded สำหรับชุดทดสอบโปรตีน เมื่อปรากฏเฉพาะเส้น C (Control line) เมื่อครบระยะเวลาทดสอบ แสดงว่า ตัวอย่างอาจมีปริมาณโปรตีนอยู่มากเกินไป จำเป็นต้องทำเจือจาง

4.4 Invalid สำหรับชุดทดสอบโปรตีน เมื่อไม่ปรากฏเส้นใด ๆ เมื่อครบระยะเวลาทดสอบ แสดงว่า ชุดทดสอบมีความผิดปกติ

5. การรายงานผล

รายงานผลแบบ พบ หรือ ไม่พบ

ง.3.3 วิธีการทดสอบ : ชุดทดสอบBioavid Allergen Test Kit Egg

1. สิ่งที่มีในชุดทดสอบ

1.1 Test Strip

1.2 Running Buffer

1.3 Reaction Vial

1.4 Positive Control (กรณีที่ต้องการทดสอบ positive control ทำได้โดยละลายด้วยน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที และนำมาใช้ทดสอบ 0.1 มิลลิลิตร)

2. อุปกรณ์และสารเคมีที่ต้องเตรียม สำหรับตัวอย่าง Swab (ใช้swabbing kit)

2.1 น้ำกลั่น

2.2 Micropipette 1 ml.

3. ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

3.1 เติมน้ำกลั่นลงในขวดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

3.2 จากนั้นเติม Buffer concentrate 3-4 หยด (0.1 ml.) ลงในขวดตัวอย่างที่ใส่น้ำกลั่นไว้ 1 มิลลิลิตร

3.3 สำหรับการswab เปียก สามารถใช้ก้านสำลีได้เลย โดยswab พื้นที่ประมาณ 100 ตารางเซนติเมตร

3.4 จุ่มก้านสำลีลงในขวดตัวอย่าง บีบก้านcotton ให้ของเหลวออกมา

3.5 ใช้ 0.1 ml. (2-3 หยด) ในการวิเคราะห์ต่อไป

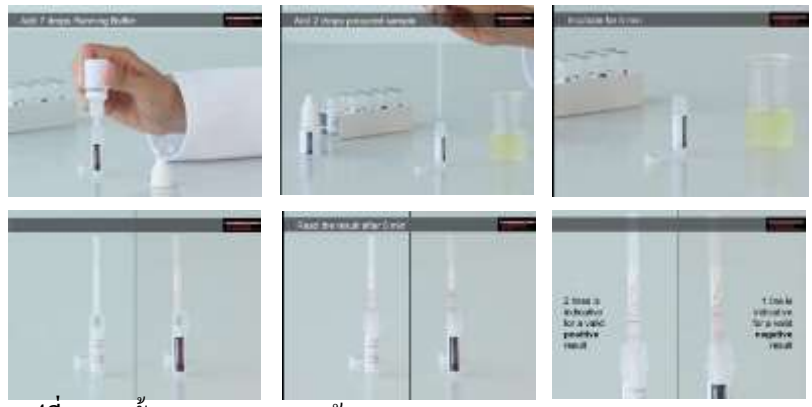
4. ขั้นตอนการทดสอบ

4.1 เติม Running buffer 0.2 ml. หรือ 7 หยด ลงใน Reaction vial

4.2 เติมตัวอย่างส่วนใสที่ผ่านการเตรียมมาแล้ว 2 หยด หรือ 0.1 มิลลิลิตร

4.3 เคาะ Reaction vial เบาๆ 5 ครั้ง บ่ม 5 นาที อุณหภูมิห้อง

4.4 นำ test strip จุ่มใน Reaction vial จับเวลาอ่านผล 3 นาที



รูปที่ ง.3.5 ขั้นตอนการทดสอบด้วยชุดทดสอบBioavid Allergen Test Kit Egg

ที่มา : Bioavid Diagnostic GmbH & Co KG (2019)

5. การอ่านผลและแปลผลการทดสอบ

Positive หมายถึง ตรวจพบสารก่อภูมิแพ้ มากกว่า 1 ppm. ที่ชุดทดสอบจะแสดงเส้นสีที่ชัดเจน 2 เส้น

Negative หมายถึง ตรวจไม่พบสารก่อภูมิแพ้ ที่ชุดทดสอบจะแสดงเส้นสีชัดเจน 1 เส้น

รูปที่ ง.3.6 การอ่านผลการทดสอบด้วยชุดทดสอบBioavid Allergen Test Kit Egg

ที่มา : Bioavid Diagnostic GmbH & Co KG (2019)

ภาคผนวก จ
การคำนวณพื้นที่และปริมาณวัตถุดิบและสารตกค้างบนพื้นผิว

จ.1 การคำนวณหาปริมาณวัตถุดิบบนพื้นที่ผิวทั้งหมดของเครื่องร่อน

พื้นที่วงกลม = πr^2

π = 22/7 หรือ 3.14

R = รัศมีวงกลม

เส้นผ่านศูนย์กลางของตะแกรงร่อน = 50 เซนติเมตร รัศมี = 25 เซนติเมตร

เส้นผ่านศูนย์กลางของถาดวัตถุดิบ = 60 เซนติเมตร รัศมี = 30 เซนติเมตร

พื้นที่ตะแกรงร่อน = 3.14 x $(25)^2$ = 1,962.5 ตารางเซนติเมตร

พื้นที่ตะแกรงร่อน = 3.14 x $(30)^2$ = 2,826.0 ตารางเซนติเมตร

จ.2 การคำนวณปริมาณวัตถุดิบบนพื้นผิวเครื่องร่อน

$$\text{ปริมาณวัตถุดิบบนพื้นผิวเครื่องร่อน (กรัม)} = \frac{\text{ปริมาณที่ตรวจพบ} \times \text{พื้นที่ทั้งหมด}}{100}$$

ปริมาณที่ตรวจพบ(กรัม) = ปริมาณผงวัตถุดิบที่ตรวจพบในพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร

พื้นที่ทั้งหมด (ตารางเซนติเมตร) = พื้นที่ผิวทั้งหมดของเครื่องร่อน คำนวณจากข้อ จ.1

100 (ตารางเซนติเมตร) = พื้นที่พื้นผิวที่ทดสอบ

ตารางที่ จ.1 วิธีการคำนวณปริมาณวัตถุดิบบนพื้นผิวเครื่องร่อน

เครื่องร่อน	วัตถุดิบ	ปริมาณที่พบบนพื้นที่ผิว (กรัมต่อ100 ตารางเซนติเมตร)	การคำนวณ	ปริมาณวัตถุดิบบนพื้นผิว (กรัม)
ตะแกรงร่อน	แป้งสาลี	0.0203	= 0.0203 x 1962.5/100	0.3984
	นมผง	0.0054	= 0.0054 x 1962.5/100	0.1066
	ไข่ขาวผง	0.0069	= 0.0069 x 1962.5/100	0.1361
ถาดรับวัตถุดิบ	แป้งสาลี	0.0062	= 0.0062 x 2826.0/100	0.1762
	นมผง	0.0034	= 0.0034 x 2826.0/100	0.0951
	ไข่ขาวผง	0.0065	= 0.0065 x 2826.0/100	0.1846

จ.3 การคำนวณปริมาณสารก่อภูมิแพ้บนพื้นผิวเครื่องร่อน

ปริมาณสารก่อภูมิแพ้บนพื้นผิวเครื่องร่อน (มิลลิกรัม) = $\frac{\text{ปริมาณที่ตรวจพบ x พื้นที่ทั้งหมด}}{100}$

ปริมาณที่ตรวจพบ (มิลลิกรัม) = ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ตรวจพบบนพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร
พื้นที่ทั้งหมด (ตารางเซนติเมตร) = พื้นที่ผิวของเครื่องร่อนที่คำนวณจากข้อที่ จ.1
100 (ตารางเซนติเมตร) = พื้นที่พื้นผิวที่ทดสอบ

ตารางที่ จ.2 วิธีการคำนวณปริมาณสารก่อภูมิแพ้บนพื้นผิวเครื่องร่อน

วัตถุดิบ	เครื่องร่อน	ปริมาณที่พบบนพื้นที่ผิว ต่อ100 ตารางเซนติเมตร (มิลลิกรัม)	การคำนวณปริมาณที่มีบนพื้นผิวจริง (มิลลิกรัม)	ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่มีบนพื้นผิว (มิลลิกรัม)
แป้งสาลี	ตะแกรงร่อน	1.42	= 1.42 x 1962.5/100	27.87
	ถาดรับวัตถุดิบ	5.01	= 5.01 x 2826/100	141.58
นม	ตะแกรงร่อน	2.69	= 2.69 x 1962.5/100	52.79
	ถาดรับวัตถุดิบ	0.26	= 0.26 x 2826/100	7.35
ไข่ขาว	ตะแกรงร่อน	1.70	= 1.70 x 1962.5/100	33.36
	ถาดรับวัตถุดิบ	1.43	= 1.43 x 2826/100	40.41

จ.4 การคำนวณปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย

วัตถุดิบที่ตรวจพบสารก่อภูมิแพ้ 10 กิโลกรัม ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ 300 กิโลกรัม

การคำนวณ โดย N1V1 = N2V2

N1 = ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่ตรวจพบ

V1 = ปริมาณวัตถุดิบที่ตรวจพบสารก่อภูมิแพ้

V2 = ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่มีในผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

N2 = ปริมาณผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ผลิต

ตารางที่ จ.3 วิธีการคำนวณปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย

สารก่อภูมิแพ้	ปริมาณที่พบ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	การคำนวณปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในผลิตภัณฑ์ 300 กิโลกรัม	ค่าที่ได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ไกลอะดิน	3.01	N2 = 3.01 x 10 / 300	0.100
นม	6.01	N2 = 6.01 x 10 / 300	0.200
ไข่	4.94	N2 = 3.01 x 10 / 300	0.164

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาววิศณี สุพรรณกลาง

วัน เดือน ปีเกิด 17 ธันวาคม 2524

ที่อยู่ 63/1 หมู่ที่ 3 ต. หนองงูเหลือม อ. เฉลิมพระเกียรติ จ. นครราชสีมา 30000

E-mail wissanee.aoh@gmail.com

ประวัติการศึกษา 2547 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คณะเกษตรศาสตร์บางพระ

2562 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการความปลอดภัยอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2549 ถึงปัจจุบัน ตำแหน่ง ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกประกันคุณภาพ บริษัท จิมสกรุ๊ป จำกัด

พ.ศ. 2547-2549 ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่ประกันคุณภาพอาวุโส บริษัท คันทรีเฟรช แดรี่ จำกัด

การนำเสนอผลงาน วิศณี สุพรรณกลาง อพัชชา จินดาประเสริฐ วริพัสย์ อารีกุล อดิศร เสวตวิวัฒน์ และประภาพร ขอไพบูลย์. 2018. **การทำความสะอาดแบบแห้ง เพื่อกำจัดสารก่อภูมิแพ้อาหาร ชนิด แป้งสาลี นมและไข่ขาว บนพื้นผิวของเครื่องร่อนสแตนเลส** การประชุมวิชาการระดับชาติ “วลัยลักษณ์วิจัย” ครั้งที่ 11 , ST.176. 27-28 มีนาคม 2562, นครศรีธรรมราช, ประเทศไทย.

รางวัลที่ได้รับ ได้รับรางวัลการนำเสนอผลงานประเภทบรรยายดีเด่น ในการนำเสนอผลงาน เรื่อง การทำความสะอาดแบบแห้ง เพื่อกำจัดสารก่อภูมิแพ้อาหาร ชนิด แป้งสาลี นมและไข่ขาว บนพื้นผิวของเครื่องร่อนสแตนเลส ในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ “วลัยลักษณ์วิจัย” ครั้งที่ 11 เมื่อวันที่ 27-28 มีนาคม 2562